



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DESGRANADOR DE ARVEJA

ROGER STEVEN QUIÑONES ORJUELA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2018**

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DESGRANADOR DE ARVEJA

ROGER STEVEN QUIÑONES ORJUELA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

**Director:
JOSE ROBERTO CUARAN VALENZUELA
Ingeniero Electrónico, MSc.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2018**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Mes de 2018

PAGINA DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia, la cual les agradezco por formarme como la gran persona que soy, a mis papas por la comprensión y apoyo brindada durante toda mi vida, a mi hermano le agradezco por ser parte de mi vida y guiarme por el camino del éxito, mi ejemplo a seguir, a mi esposa le agradezco por su ayuda y esfuerzo, en especial por darme esa hija tan hermosa la amo, gracias a ustedes que me han dado todos los valores que hoy conformo y la firmeza para alcanzar todas las metas propuestas para mi vida.

En especial dedico este trabajo de grado a mi señora madre, por ser una persona única y especial que alegra mi vida con su presencia, mujer luchadora que da la vida por sacarme adelante, te amo Melba Orjuela.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por permitirme culminar este logro más en mi vida junto a toda mi familia que es lo más anhelado por mí.

Agradezco a mis docentes José Roberto Cuaran y Daniel Avila, quienes mostraron su interés en dirigir mi trabajo de grado, en especial por su confianza, colaboración y apoyo durante todo el proceso de trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 JUSTIFICACIÓN	18
4 ANTECEDENTES	19
5 MARCO TEÓRICO	22
6 METODOLOGÍA	44
6.1 INVESTIGACIÓN	44
6.2 DISEÑO	44
6.3 IMPLEMENTACIÓN	45
7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS TIPOS DE MAQUINAS	46
8 DISEÑO	49
9 IMPLEMENTACION	61
10 PRUEBAS DEL PROTOTIPO	69
13 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	78
BIBLIOGRAFÍA	79

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Maquina trilladora	19
Figura 2. Maquina desgranadora de frijol	20
Figura 3. Maquina desgranadora de maíz	21
Figura 4. Maquina trilladora	24
Figura 5. Tipos de sistema de control	26
Figura 6. Lazo cerrado	26
<i>Figura 7. Lazo abierto</i>	<i>27</i>
Figura 8. Controlador de efecto de campo metal-óxido-semiconductor	28
Figura 9. Empack	29
Figura 10. Aluminio	29
Figura 11. Motor de corriente directa	30
Figura 12. Arduino	32
Figura 13. Controladores programables de interrupciones	33
Figura 14. Microcontrolador de Texas instruments	34
Figura 15. Microcontrolador Raspberry	34
Figura 16. Señal modulada por ancho de pulso	35
Figura 17. Display de cristal liquido	37
Figura 18. Módulos Inalámbricos Infrarrojos	39
Figura 19. Simulador de enlace inalámbrico	39
Figura 20. Características de control digital proporcional, integral, derivativo	40
Figura 21. Transistores en ISIS	41
Figura 22. Circuito de Cargas Inductivas	41
Figura 23. Circuito de Relevadores	42
Figura 24. Circuito Puente H	43
Figura 25. Diagrama de bloques	44
Figura 26. Inyección hidrostática	46
Figura 27. Maquina trilladora	47
Figura 28. Desgrane por ventilación	48
Figura 29. Tolva	49
Figura 30. Bandeja transportadora	50
Figura 31. Rodillos	50
Figura 32. Tren de engranaje	51
Figura 33. Carcasa	51
Figura 34. Diseño electrónico general	52
Figura 35. Arduino nano	53
Figura 36. Convertidor DC – DC LM2596	54
Figura 37. Controlador utilizando un transistor M.O.S.F.E.T (15A)	55
Figura 38. Sensor de ultrasonido	56
Figura 39. Funcionamiento del sensor de ultrasonido	56
Figura 40. Motor DC Ford	57
Figura 41. Motores de vibración	58
Figura 42. Simulación sensores de distancia	58
Figura 43. Simulación motores por PWM	59

Figura 44: Simulación pantalla de cristal liquido	60
Figura 45: Modulo de comunicación I2c	60
Figura 46: Empack torneado para el eje	61
Figura 47:Empack torneado a 7.8 cm	61
Figura 48. Perforando empack.....	62
Figura 49. Empack con el eje.....	62
Figura 50. Piñón en empack	63
Figura 51. Platinas	63
Figura 52. Motor DC	64
Figura 53. Controlador P.W.M con transistor tipo M.O.S.F.E.T	64
Figura 54. Fuente de alimentación.....	64
Figura 55:Poleas.....	65
Figura 56: Parte mecánica.....	65
Figura 57: Bandeja transportadora	66
Figura 58: Chasis con bandeja	66
Figura 59: Posición de motores	67
Figura 60: Prototipo desgranador de alverja	67
Figura 61: Prototipo con botones de inicio y parado de emergencia	68
Figura 62: Estructura mecánica de desgrane A, B.....	69
Figura 63: Rodillos lizos.....	70
Figura 64: Rodillo grafilado 4 mm	70
Figura 65: Sistema de tracción	71
Figura 66: Posición de la bandeja.....	72
Figura 67 Sensor de distancia	72
Figura 68: Sistema de potencia	73
Figura 69: Prototipo terminado vista lateral izquierda	74
Figura 70: Prototipo terminado vista lateral derecha.....	74
Figura 71: Bandeja transportadora terminada instalada en el prototipo.....	75
Figura 72: Circuitos electrónicos.....	75
Figura 73: Prototipo final con recipientes.....	76

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de microcontroladores	53
Tabla 2: Referencias de controladores por modulación por ancho de pulso	54
Tabla 3: Características de diferentes tipos de sensores	55
Tabla 4: Motores a seleccionar	57
Tabla 5: Corriente proporcionada por los controladores	73

LISTA DE ANEXOS

Anexo a: Botones de operación	81
Anexo b: Correa y piñones	82
Anexo c: Rodillo y Piñón	82
Anexo d: Rodillo, piñón y eje	83
Anexo e: Rodillo y eje	83
Anexo f: Chasis Soporte de los Rodillos Lateral	83
Anexo g: Chasis Soporte de los Rodillos	84
Anexo h: Contenedor de la vaina y la alverja.....	84
Anexo i: carcasa vista superior	84
Anexo j: Estructura resortes.....	85
Anexo k: Estructura bandeja	85
Anexo l: Prototipo con recipiente alverja	86
Anexo m: Prototipo terminado.....	86
Anexo n: código motor 1	87
Anexo o: Código motor 2	87
Anexo p: Código sensores	88

GLOSARIO

AUTOMATIZACIÓN: es el uso de sistemas o elementos computarizados que sirven para controlar máquinas o procesos industriales.

ARVEJA: también llamada guisante o chícharo es la pequeña semilla comestible de la planta que se cultiva para su producción. Las alverjas proceden de la familia de las leguminosas y crecen escondidos en vainas que pueden alcanzar hasta los 10 cm.

BANDA TRANSPORTADORA: es un sistema de transporte continuo formado por una banda que se mueve entre dos ejes de rotación.

DESGRANAR: separar los granos de la vaina (cáscara), de forma manual o automática.

LEGUMBRE: Es un grupo de alimentos muy homogéneo, son un tipo de leguminosas que se cosechan únicamente para obtener la semilla seca.

LEGUMINOSAS: son una familia del orden de las fabales. Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales.

MAQUINA: Conjunto de piezas o de aparatos que se mueven de modo coordinado para transformar una energía en otra o en un trabajo determinado.

MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA: máquina que provoca un movimiento rotatorio por medio de un campo magnético convirtiendo energía eléctrica en mecánica.

SENSOR: Dispositivo electrónico que percibe magnitudes físicas como variaciones de luz, temperatura, sonido u otras variables de su entorno o ambientales.

SISTEMA: Es un conjunto de dispositivos electrónicos encargados de generar, recibir, transmitir y almacenar información.

VAINA: Planta que envuelve y protege a la legumbre.

RESUMEN

Este trabajo de grado dio a conocer el diseño y construcción de un prototipo desgranador de alverja. Esta necesidad fue encontrada especialmente en los mercados de los barrios, donde se veían afectados económicamente para la adquisición del producto desgranado, por los altos costos que conlleva el desgrane de la alverja de forma manual en el que se utiliza recurso humano para el desarrollo, a estos les puede causar algunas lesiones graves como túnel del carpiano, síndrome del manguito rotador, Tenosinovitis de Quervain, dolor lumbar producida por una mala posición al desgranar, entre otras. Ante esta situación se ofreció una implementación de una máquina que realiza el mismo trabajo facilitando el proceso de desgrane de la alverja, para sustituir el trabajo manual y constante que utiliza recurso humano donde genera más costo y mayor tiempo.

En este trabajo de grado, se implementó un prototipo desgranador de alverja que consiste en dos rodillos con grafilado de forma horizontal, donde su funcionamiento es desgranar la arveja por medio de presión entre ellos, en cual tiene un eje y este acoplado a una serie de engranajes, de ahí a un motor de corriente directa la cual hace una función mecánica. Este mecanismo es controlado por un microcontrolador que a partir de sensores automatiza el proceso de desgrane de arveja.

Con su desarrollo se pretende disminuir los costos de mano de obra y de esta manera reducir el precio de comercialización, para que la canasta familiar no se vea afectada y sea de fácil adquisición, a su vez tenga más competitividad en el mercado respecto a legumbre vendidas con sus vainas.

PALABRAS CLAVES: Agricultura, Desgrane de legumbre (alverja), Diseño mecánico, Máquina desgranadora.

INTRODUCCIÓN

Pasado el tiempo y mientras avanza la tecnología, el ser humano se ha encargado de buscar diferentes alternativas para realizar el desgrane de arvejas en lugares donde son vendidas o en residencias, sin embargo, no se le dedica el tiempo suficiente a esta actividad debido que aumenta el costo de venta del producto aproximadamente en un 50% ya que esto es realizado por una persona, esto causa que las personas se abstengan de comprar estos alimentos o de comprar la arveja sin desgranar.

Según las estadísticas de la FAO, 2570 millones de personas dependen de la agricultura, lo cual representan un 42 % de la población a nivel mundial; así mismo impulsa la economía de los países desarrollados donde a nivel comercial la agricultura es considerada como una actividad económica pero como tal la agricultura para muchos agricultores es una forma de vida, una identidad cultural o patrimonio¹. Dentro de la agricultura existe un producto de excelentes propiedades nutricionales que es la arveja, la cual nos brinda energía y vitamina A, B, C, B1, B3, B6, fibra vegetal, almidones, y minerales como magnesio, hierro, fósforo, zinc y calcio.

En Colombia esta leguminosa es el segundo cultivo más importante después del frijol. Así mismo el manejo que se le da por parte del cultivador y consumidor requiere de gran manipulación como lo es en este caso el desgrane lo cual genera que su comercialización en el mercado se dé ante el consumidor a muy alto costo para su consumo. Uno de los factores en que encarecen este producto como se mencionó anteriormente es el desgrane ya que se debe generar de manera manual lo cual conlleva tiempo y personal adicional para este proceso.

En este trabajo de grado se implementó una alternativa para el desgrane de la arveja automático concebido para tiendas de barrio para que esta legumbre sea comercializada a un precio más económico para la comunidad, donde va a ser eficiente respecto a tiempo y a personal para realizar esta actividad, debido a su método de trabajo para abrir la cáscara dejando solo la arveja.

El degradador de alverja está compuesto por una parte mecánica y una parte electrónica, las cuales constan de una serie de engranajes encargados de generar más torque con la velocidad requerida, estos se acoplan al eje de dos rodillos los cuales tienen un grafilado de forma horizontal por donde va a pasar la legumbre, estos rodillos hacen la función de succión de la vaina haciendo que por medio de presión salga la alverja a su lugar de almacenamiento, esto va acoplado hacia un motor de corriente directa donde va a dar movimiento a los rodillos con una facilidad de variación de velocidad.

¹ Food and agriculture organization of the united nations .la importancia de la agricultura en la actualidad. 2018. Recuperado de <https://goo.gl/iETv6A> (tomado el: 02/09/2018 / hora: 10:00)

1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El desgrane manual de la arveja implica costos, tiempo y esfuerzo humano para la obtención del producto comestible. Esto conlleva a la contratación de más personal para el desgrane de la arveja, lo que a su vez implica más gastos, y por tal motivo, el producto aumenta de precio. La solución a estos aspectos negativos es diseñar una máquina automatizada la cual facilite el trabajo de desgrane para su comercio.

De igual forma al momento de desgranar la arveja de forma manual, con frecuencia se produce algunas enfermedades como lo son el túnel del carpiano, dolor lumbar, síndrome del manguito rotador, Tenosinovitis de Quervain.

Adicionalmente, a partir de las tareas o el trabajo en sí realizados en el trabajo agrario, hay una de las características a tener en cuenta en esta investigación, la cual es el tipo de posturas del trabajo y la duración de las tareas a realizar ya que el desgrane de la legumbre si se realiza de manera física (a mano) toma un tiempo de trabajo más largo y un esfuerzo físico mayor; así por ejemplo, el estudio realizado que determina el tipo de posturas prolongadas puede alterar la salud física y mental del trabajador ya que la evidencia basada en la guía de atención integral publicadas en Colombia en el año 2006 determinaron que el 82 % de todos los diagnósticos correspondían al DME (Desorden Musculo Esquelético) del miembro superior y la columna vertebral².

Algunas afectaciones derivadas de esta actividad son:

- Túnel de carpiano; El síndrome del túnel carpiano se produce cuando el nervio mediano, que va desde el antebrazo hacia la mano, se comprime o se aprieta en la muñeca, El resultado puede ser dolor, debilidad, o entumecimiento en la mano y la muñeca, que se irradia por el brazo
- Dolor lumbar: es cualquier dolor localizado en la parte baja de la espalda cuyo origen está asociado a las estructuras músculo-esqueléticas (músculos, tendones, ligamentos).
- Síndrome del manguito rotador; Los problemas del manguito rotador son comunes e incluyen y lesiones como desgarros. Los tendones del manguito rotador se pueden inflamar por el uso frecuente.
- Tenosinovitis de Quervain; tendinitis que afecta a los tendones que ocupan el primer compartimento extensor de la mano, abductor largo y extensor corto del pulgar, produciendo dolor con los movimientos del pulgar.

Previamente se han desarrollado máquinas para el desgrane de arveja, tal como se mostró en los antecedentes, sin embargo no cuentan con automatización donde se

² Ordoñez, Cecilia Andrea. Sobre las enfermedades laborales. Revista Colombiana de Salud Ocupacional, 6(1) Marzo, 2016.Vol 6.p. 1-2: Recuperado de <https://goo.gl/r8hcf2> (tomado el: 03/09/2018 / hora: 11:00)

observa que algunas de ellas son de forma manual, ya sea el movimiento de los mecanismos para su funcionamiento o en el momento de adicionar la arveja para el desgrane; se encontró que el desarrollo de estas máquinas está implementado en la agricultura a gran escala por tal motivo las máquinas en venta son de alto costo para la comercialización. Este trabajo de grado se propone resolver la pregunta: "Cómo desarrollar una máquina desgranadora de arveja automatizada para pequeñas tiendas de barrio".

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una máquina automatizada desgranadora de arveja para una tienda pequeña de legumbres.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información sobre mecanismos para el desgrane de arveja.
- Identificar los sensores, actuadores y dispositivo de control, necesarios para la automatización del prototipo desgranador de arveja.
- Diseñar el sistema mecánico y electrónico del prototipo.
- Implementar el prototipo desgranador de arveja.

3 JUSTIFICACIÓN

La arveja es un producto del primer sector económico del país, que tiene una gran salida y de esta manera un amplio consumo. El diseño de una máquina desgranadora reduciría tiempo y esfuerzo humano, optimizando su distribución y comercialización.

Desde el campo de la ingeniería electrónica se puede abordar el desarrollo de una máquina automatizada desgranadora de arveja, aplicando los conocimientos del área de instrumentación y control, así como también diseñando circuitos de potencia y sistemas digitales que permitan implementar un algoritmo de control.

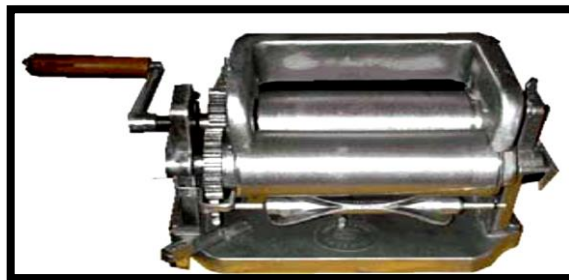
4 ANTECEDENTES

A la fecha se han desarrollado previamente diversas máquinas para desgranar, para su implementación diseñaron una maquinaria que la producción de los cultivos se generen de manera más eficiente y rápida, y como todo surge a partir de una necesidad la creación e implementación de la máquina para el desgrane de alverja y frijol fue creada en Colombia debido a que el desgranado manual estaba requiriendo mano de obra extra y tiempo que la ganancia que se obtenía de la misma así que la desgranadora de leguminosas está compuesta por presión de rodillos lizos que agarran la vaina y el grano, la cual para llevar su creación no genera un costo tan alto como con otro tipo de elementos esta máquina opera de forma manual³.

El Diseño básico se caracterizó en la división de los subsistemas los cuales fueron así:

- Los rodillos estaban unidos a los cojinetes los cuales eran los que permitían que estos logran girar libremente sin que hubiera la necesidad que se frenan por fricción, los piñones era otro mecanismo que permitía que uno de los rodillos girase hacia las manecillas del reloj y el otro rodillo girar al contrario a las manecillas del reloj la cual permite que la leguminosa sea agarrada.
- El tren de engranaje conformado por el motor eléctrico de 110V y piñones que son un tren de engranaje de cuatro etapas dando salida a poca velocidad y alto torque.
- Son dos carcasas; una para el almacenamiento de las leguminosas desgranadas y la otra para los residuos de las mismas; así mismo las demás carcasas frontal, posterior y lateral (Véase figura 1).

Figura 1. Máquina trilladora



Fuente: Congreso iberoamericano de ingeniería mecánica. Máquina tornilladora para máquina de maíz: Recopilado en: 3 de septiembre del 2018. Tomado de <https://goo.gl/9t4SwK>

³ Escobar, Yimmy & Escobar, Gabriel. Máquina desgranadora de Arveja y Frijol. 8 congreso de Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. 23 al 25 de octubre, 2007., p 4.

También se encuentra un diseño de una máquina desgranadora de frijol, como se aprecia en la figura 2 un diseño grande el que automatizan solamente la parte de los rodillos y se introduce de forma manual el frijol con su cáscara. De igual modo colocaron los rodillos a una separación determinada para no aplastar el producto, utilizaron un motor eléctrico a baja velocidad ya que se tiene que introducir el frijol de forma manual.⁴

Figura 2. Máquina desgranadora de frijol



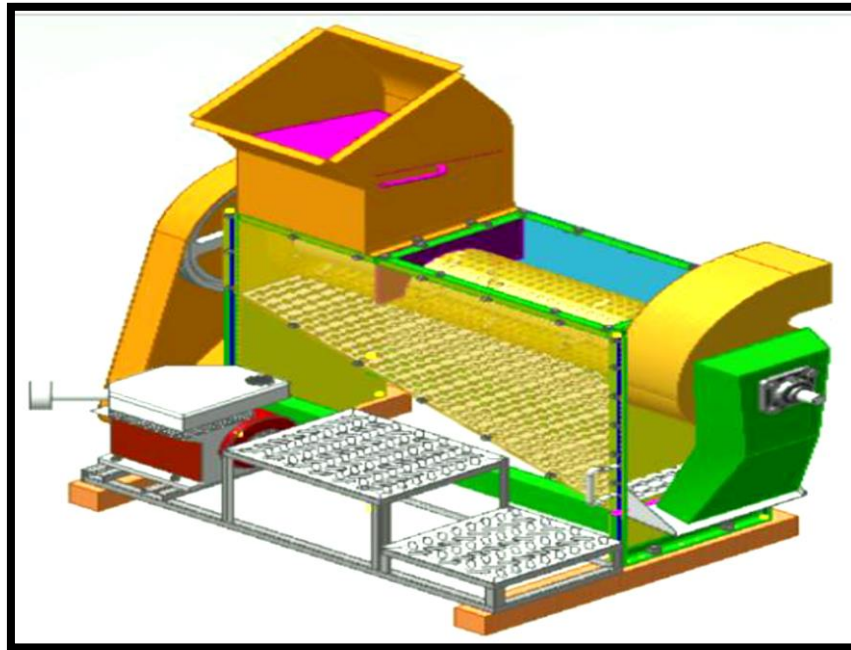
Fuente: Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ingeniería Mecánica. 2013. Diseño de una maquina desgranadora de frijol. Proyecto de Grado: Recopilado en: 3 de septiembre del 2018. Tomado de <https://goo.gl/heHSii>

También se encontró una maquina desgranadora de maíz, donde han tomado la decisión de hacer el desgrane utilizando rodillos con estilo de púas, la cual en ocasiones no desgrana en su totalidad la mazorca, como se observa en la figura 3 han realizado una máquina de gran tamaño donde su funcionamiento va a ser en el sector agrícola a gran escala, utilizando unas aspas y un motor que va a generar un flujo de aire para su limpieza⁵.

⁴ Ortiz, Wilinton. Tirira, Lenini y Yaguana, Ivan. Diseño de una maquina desgranadora de frijol. Proyecto de Grado. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ingeniería Mecánica. 2013., p 15.

⁵ Perez, Jose Olger; Cholca, Luis Christian & Mantilla, Gustavo Andres. Diseño y fabricación de una máquina para desgranar Maíz. 2005.

Figura 3. Máquina desgranadora de maíz



Fuente: Ingenius revista de ciencia y tecnología. Diseño y fabricación de una máquina para desgranar Maíz.2005: Recopilado en: 3 de septiembre del 2018.
Tomado de (<https://goo.gl/5puiYx>)

En algunos municipios del departamento de Boyacá se implementó el proyecto de innovación y desarrollo tecnológico y participativo la para la agricultura sostenible de arveja lo cual contribuyó para generar cambios técnicos y sociales, gracias a ello los productores adoptaron las prácticas de la agricultura sostenible, la selección de semillas donde se determinó cuatro variedades de semilla resistentes a los problemas fitosanitarios y de plagas; se desarrolló a partir de un estudio en las diferentes condiciones ambientales y climáticas revelando así la información anterior y el manejo integrado de cultivo; no solo se podría generar un cultivo más amplio y fértil sino también libre de septicidad y fungicidas.

La implementación de la tecnología en este proceso se desarrolló a partir de la creación de tutoriales de las parcelas las cuales generan mayores producciones y menor impacto de plagas, así mismo se dejó de utilizar tres semillas por sitio a solo una. En el área social se estableció el liderazgo de los pequeños productores rurales a partir del fortalecimiento de la autoestima, capacidades de gestión y competencias productiva a partir de capacitaciones que tienen acompañamientos, fortaleciendo e incentivando las habilidades individuales como grupales⁶.

⁶ Corporación PBA Innovación rural para el desarrollo. Producción sostenible de arveja en Boyacá. Consorcio Andino. 2010. Recuperado de <https://goo.gl/mgmjyS> (tomado el: 03/09/2018 / hora: 11:00)

5 MARCO TEÓRICO

5.1 LA ARVEJA (*PISUM SATIVUM*)

La arveja pertenece a la familia de las leguminosas también es conocido como guisante o chícharo su nombre botánico es *Pisum Sativum*, sus registros históricos se enmarcan hace 7000 A.C. La demanda de este alimento ocupa un lugar importante en el mercado global, ya que a partir de sus bondades nutricionales es uno de los alimentos que mayor cantidad de carbohidratos y proteínas posee por unidad de peso⁷.

También explica que existen varios tipos de alverja como lo es de grano verde y amarillo, liso y rugoso cuyo método de consumo puede ser como grano seco remojado o para forraje; en el instituto nacional de semillas (INASE) existen 76 variedades inscritas como comerciales la mayoría es de origen estadounidense y las de menor medida se encuentran las de origen francés, holandés, italiana, argentinas y demás países del mundo⁸.

En Colombia es considerada como uno de los productos básicos de la economía campesina para pequeños y medianos productores ubicados en la zona andina. Se produce en 11 de 32 departamentos en un clima frío o medio, el cultivo de esta legumbre es muy sencilla y provechosa; en el país es el segundo producto de grano más importante para el consumo en la canasta familiar ⁹.

La producción agrícola es responsable del abastecimiento de alimentos, fibras, flores, biocombustibles y materias primas para una diversidad de industrias lo que contribuye al bienestar y calidad de vida de las personas; esta creación de cultivos agrícolas se originó hace 10 mil años en el Oriente Medio, donde al pasar de los años la domesticación, introducción y selección de cultivos, el riego, el abono, protección de las plantas, la creación de las máquinas y herramientas fueron uno de los principales avances que abastecen la necesidad de la población a finales del siglo XVIII¹⁰.

La agronomía surge a partir de la necesidad del aumento de la población a nivel mundial y el mejoramiento del rendimiento de los cultivos, así que esta disciplina

⁷ Subsecretaría de Mercados Agropecuarios. Informe de Arvejas (*Pisum Sativum*).21 de Abril del 2016. p 1., Recuperado de <https://goo.gl/LZAZrR> (tomado el: 03/09/2018 / hora: 11:00)

⁸ *Ibíd.*, p 3.

⁹ Peñaranda Guillermo & Molina Deicy. La producción de arveja (*pisum sativum*) en la vereda monte dentro, provincia de Pamplona, norte de Santander . Enero a Diciembre.2007.N.11. Recuperado de <https://goo.gl/bLrn9K> (tomado el: 03/09/2018 / hora: 11:20)

¹⁰ Osorio Oswaldo .Resumen de Proyecto Líneas de Arvejas CONSEJO DEPARTAMENTAL DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION – CODECTI. Universidad de Nariño. Gobernación de Nariño., p 2.

aplica conocimiento derivados de ciencias como la biología, física, química y matemáticas, a partir de ello el mejoramiento se dio por el fortalecimiento de la fertilización, el riego, mecanización, postcosecha y la protección de los cultivos contra las plagas, enfermedades y malezas ¹¹.

El mejoramiento vegetal se dio por la unión de múltiples disciplinas las cuales mejorar la producción del sector agropecuario en un 50 % cuyo objetivo es emplear los recursos genéticos vegetales para que la producción nunca para y se el bienestar personal.

5.2 MAQUINA TRILLADORA

Esta máquina se utilizaba hasta hace unos 40 años, donde su función era separar el grano de la paja como se observa en la figura 4. Era de gran tamaño aproximadamente de un metro de ancho por 1,5 o 2 de largo, con el borde delantero levantado, y la parte inferior iba llena de hileras de piedras talladas, para que tuvieran corte¹². El agricultor se subía a ella y un caballo o una vaca o un buey tiraban de ella en círculo, pasaba por encima del trigo seco separando así el grano de las espigas. Hoy en día, las trilladoras, son mecánicas y por un lado echan el grano y por otro, la paja la cual se utiliza para el ganado. La máquina trilladora está conformada por las siguientes partes:

- **Motor:** El motor es el corazón de la cosechadora y lo que da fuerza a todos los mecanismos para su funcionamiento.
- **Sistema motriz:** Este sistema es el encargado de que la cosechadora se mueva.
- **Mecanismo de trillado:** Es él encargado de desmenuzar el grano de la espiga y de separarlo.
- **Mecanismo de limpia:** Usando un ventilador que se encargan de separar los granos de partes menos pesadas y de polvo.
- **Sistema de transporte y almacenaje:** Este mecanismo se encarga de transportar el grano limpio.

¹¹ Ibíd., p 3.

¹² Ecured. Conocimiento con todos y para todos. Agricultura (Labores de Cultivo).4 de noviembre 2018.Recuperado de; <https://goo.gl/EPyN6b>, (tomado el: 06/09/2018 / hora: 9:00)

Figura 4. Máquina trilladora



Fuente: Foro ciudad. Máquina de segar el trigo 2011: Recopilado en: 6 de septiembre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/Pzejias>)

5.3 AUTOMATIZACIÓN

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, las cuales son realizadas por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos¹³.

La función de sistema de control es manipular los valores de un sistema. Su objetivo es ordenar un sistema sin que el operador intervenga sobre sus elementos. El operador manipula valores de referencia y el sistema de control el cual se encarga de transmitirlos al sistema por medio de su salida, la cual opera con magnitudes de baja potencia. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de mando.
- Parte operativa.

La parte de Mando, es la máquina programable, que hasta hace un tiempo se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos, neumáticos y tecnología cableada. Por otro lado, la Parte Operativa, son los elementos que hacen que la máquina funcione como se desea, estos elementos son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores,

¹³ Automatización. Automatas programables. Curso básico de autómatas Programables. Diciembre 2001. Recuperado de <https://goo.gl/MGuQXq> (tomado el: 10/09/2018 / hora: 11:00)

eléctricos, hidráulicos y neumáticos, utilizando sensores de proximidad, posición lineal o angular, presión, velocidad, fuerza temperatura, nivel, entre otros ¹⁴.

OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

- Reducir los costos de producción.
- Mejorar la calidad del producto.
- Mejorar la producción de la empresa.
- Mejorar las condiciones de trabajo personal.
- Realizar productos con definiciones de alta calidad.
- Mayor producción.
- Fácil mantenimiento.

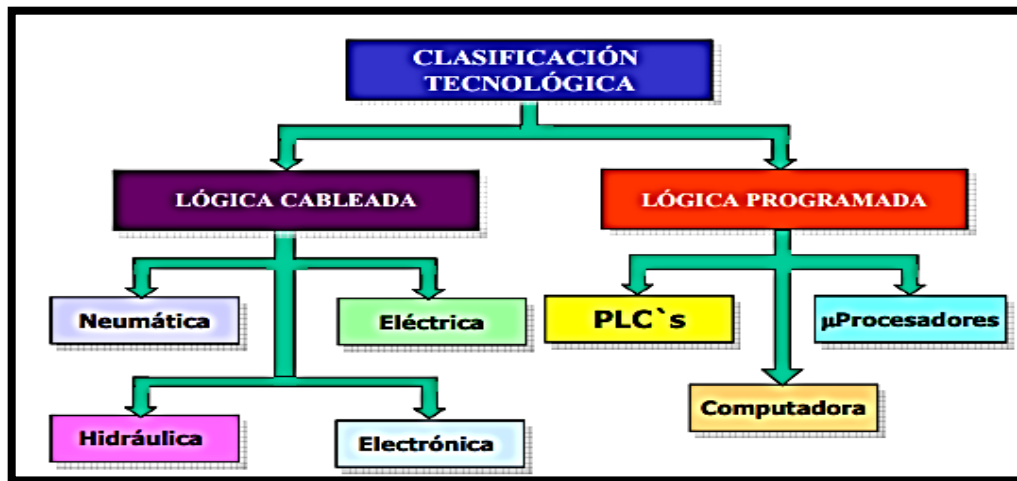
5.4 SISTEMA DE CONTROL

Es un conjunto de dispositivos o elementos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, reduciendo las probabilidades de fallo y obteniendo los resultados deseados. Por lo general, se usan sistemas de control en procesos de producción industrial y para controlar equipos o maquinas.

Los sistemas de control deben ser capaces de cumplir los siguientes requisitos, garantizar la estabilidad del sistema, ser robusto para evitar perturbaciones, ser eficiente, de fácil implementación y operación. Como se observa en la figura 5 estos sistemas se pueden clasificar en dos tecnologías que son la lógica cableada y lógica programada.

¹⁴ Torres, Fernando. Sin Fecha. Introducción a la automatización y el control. Automatización optativa Ingenierías Informáticas. Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la señal de Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial. Recuperado de <https://goo.gl/6ftkzu> (tomado el: 10/09/2018 / hora: 14:00)

Figura 5. Tipos de sistema de control

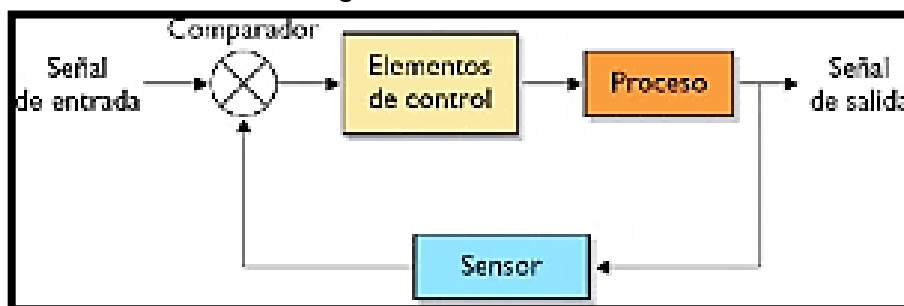


Fuente: Automatización conceptos generales. Carlos canto. Sistema de control lógica cableado y programada: Recopilado en: 20 de septiembre del 2018.
Tomado de (<https://goo.gl/dU5wck>)

5.5 LAZO CERRADO

Se les llama lazo cerrado a los sistemas retroalimentados “feedback” o control de lazo cerrado “closed loop”. La señal de error es la diferencia entre la señal de entrada y la de retroalimentación, que entra al controlador para reducir el error y llevar la salida a un valor deseado. Esta retroalimentación se logra a través de la acción de un operador (control manual) o por medio de instrumentos (control automático) ¹⁵ véase la figura 6.

Figura 6.Lazo cerrado



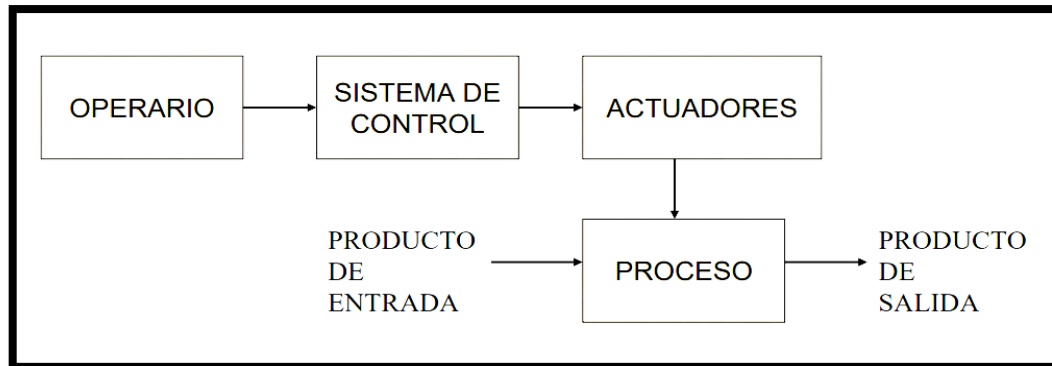
Fuente: Sistema de control y robótica. Lazo cerrado Recopilado en: 21 de septiembre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/Lfpzd9>)

¹⁵ Villajulca, Jose Carlos. Sistema de Control de Lazo Abierto. Instrumentación y Control. 13 de septiembre del 2009. Recuperado de <https://goo.gl/UeD85Q> (tomado el: 21/09/2018 / hora: 11:20)

5.6 LAZO ABIERTO

El sistema de lazo abierto se caracteriza porque la información o variable que controla el proceso se mueve en una sola dirección como se observa en la figura 7, es decir un sistema sin realimentación en donde la salida no tiene control sobre el sistema.¹⁶

Figura 7. Lazo abierto



Fuente: Ingeniería ISA de sistemas y automática. Lazo abierto Recopilado en: 21 de septiembre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/G8FF2U>)

5.7 CONTROLADOR PWM M.O.S.F.E.T. 15A

Es un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (M.O.S.F.E.T) que es capaz de manejar una carga de 15A y si se necesita manejar más corriente se coloca un disipador de calor o un ventilador, este transistor soportara hasta 30A, también puede ser controlado por modulación por ancho de pulsos (PWM).

Puede manejar cargas como:

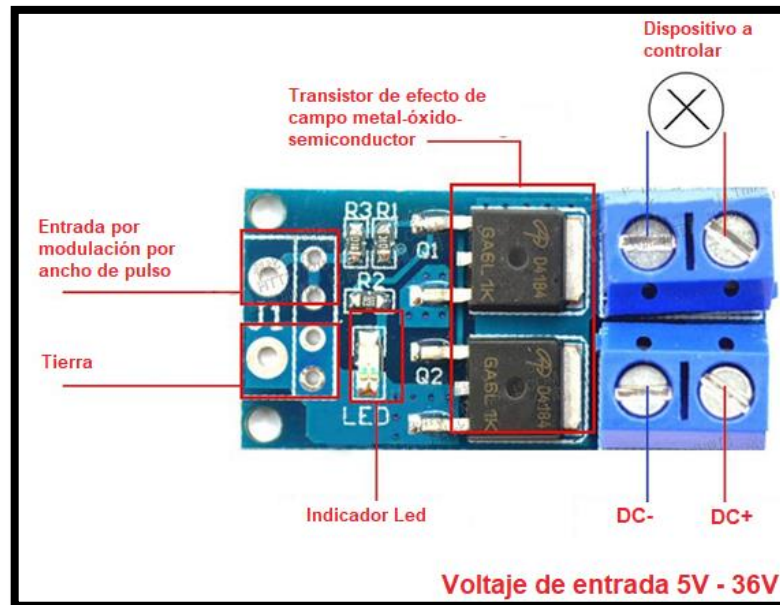
- Válvulas solenoide 24V DC.
- Motores DC.
- Celdas Peltier de hasta 6A.
- Luces LED.

Se recomienda utilizar los transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor en aplicaciones de encendido y apagado de cargas de alto amperaje ya que tienen mejores características que los transistores de unión bipolar (BJT), el transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor para su encendido

¹⁶ Isa. Ingeniería de sistemas y automática. Tipos de Controles de un Proceso.p.1-8. Recuperado de <https://goo.gl/G8FF2U> (tomado el: 21/09/2018 / hora: 11:20)

necesita 5 voltios en la compuerta para que la corriente fluya y se active el sistema¹⁷, en la figura 8 observamos la descripción física del controlador

Figura 8. Controlador de efecto de campo metal-óxido-semiconductor



Fuente: Mactronica. Controlador pwm mosfet a 15A. Recopilado en: 1 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/qa8YNR>)

5.8 EMPACK

Posee una excelente resistencia al desgaste, al impacto incluso a bajas temperaturas, bajo coeficiente de fricción, resistencia a la abrasión, liviano e irrompible, resistente a las bajas temperaturas, muy baja absorción de agua (ver figura 9). Este material es aprobado por FDA la cual es la encargada de proteger la salud pública mediante la regulación de los alimentos de uso humano y veterinario, en donde certifica este material para contacto con alimentos ya que rechaza las bacterias y no toma sabor ni olor.

Algunas de las aplicaciones usadas actualmente son las guías, rodillos, asientos de válvulas, bujes, mesas de cortes, ruedas, sinfines, estrellas, placas para troqueladoras, perfiles¹⁸

¹⁷ Mactronica. Controlador pwm mosfet 15A: Recuperado de <https://goo.gl/qa8YNR>

¹⁸ Bomalpres sas. Empack: Recuperado de <https://goo.gl/RYAF3S> (tomado el: 01/10/2018 / hora: 16:01)

Figura 9. Empack



Fuene: Her Plasticos sas. Empack. Recopilado en: 1 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/YJsbAL>)

5.9 ALUMINIO

Como se observa en la figura 10 es un metal no ferroso en donde es el más abundante de los metales, en donde proporciona dureza con bajo peso siendo fácil de trabajar, lo encontramos como material estructural ya sea vehículos de transporte o edificios, carpintería, uso doméstico, entre muchas más.¹⁹

Figura 10. Aluminio



Fuente: Neoteo. Aluminio Recopilado en: 2 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/T9odSt>)

¹⁹ Palazzesi. Ariel. Aluminio transparente nuevo estado de la materia de Julio 2009. Recuperado de <https://goo.gl/T9odSt> (tomado el: 02/10/2018 / hora: 18:00)

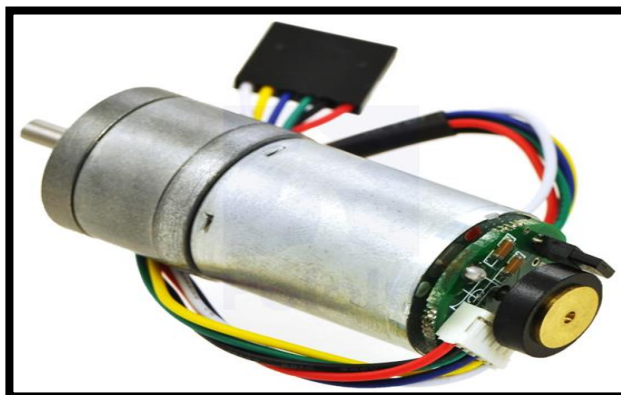
5.10 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

El motor de corriente directa que se observa en la figura 11 es denominado también motor de corriente continua, motor C.C o motor D.C es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético, se distinguen funcionalidades importantes como generar energía eléctrica ya que este tipo de motores pueden funcionar como un generador o un motor; estos motores están constituidos por un par de arranque alto los cuales son ideales para controlar la velocidad.²⁰

Está formado por:

- Un estator; en donde se produce el bobinado encargado de producir el campo magnético de excitación.
- El rotor; donde se alojan los bobinados ya que está constituido por chapas supuestas y magnéticas donde por sus ranuras estos se alojan.
- El colector; parte donde se conectan los bobinados del inducido.
- Las escobillas; es la parte donde se almacena la electricidad de motor.

Figura 11. Motor de corriente directa



Fuente: Electrónica. Embajadores. Motor DC: Recopilado en: 2 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/hSVEWt>)

²⁰ Electricidad y automatismo. Motor eléctrico C.C. Recuperado de <https://goo.gl/dYV6R9> (tomado el: 02/10/2018 / hora: 19:00)

5.11 MICROCONTROLADORES

En el año de 1976 surgen los dos primeros microcontroladores, los “8048” de la compañía Intel ® y el 6805R2 de Motorola ®, en el año de 1980 el objetivo era incorporar capacidades de interacción con el mundo físico en un tiempo real. Ya como un microcontrolador integrado el cual está integrado por un micro procesador, memoria de almacenamiento de datos y unidades de entrada y salida compuesto por: puertos paralelos, puertos de serie, temporizadores y conversores A/D.

El sistema que permite incorporar los microcontroladores o microprocesadores es el sistema embebido en donde se genera una tarea específica de programación la cual no puede ser realizada por el usuario. El uso de los microcontroladores se presenta cuando la potencia del cálculo no es importante como en sectores de robótica, electrodomésticos, sector automotriz, entre otros. Son tres los tipos de memoria que manejan, la R.A.M la cual se caracteriza por almacenar los datos parciales; la E.E.P.R.O.M memoria grabable desde el programa de programación del microcontrolador²¹.

Algunos de los dispositivos auxiliares para los controladores son:

- Los puertos de entrada y salida los cuales permiten que configurar las líneas como entrada o salida de manera individual o si se desea una comunicación de protocolo se configurara en bloques.
- Los puertos Analógicos; son los que permiten adquirir señales digitales convirtiendo la señal analógica en digital.
- Temporizador; permite contar o medir los eventos externos
- Salidas por modulación por ancho de pulso, permiten que se presente las salidas analógicas.
- Dispositivo de vigilancia; evita las caídas del sistema.
- Controladores de interrupción; permite la multitarea
- Controles de Acceso; permiten el acceso de otros dispositivos a la memoria DMA.
- Acondicionadores de reloj y “RESET” los cuales permiten adecuar su señal.

²¹ Universidad nacional del centro de la provincia de Buenos aires. Arquitectura y organización de un microcontrolador genérico del 2012. Recuperado de <https://goo.gl/m58ytU> (tomado el: 04/10/2018 / hora: 19:00)

5.12 ARDUINO

Plataforma de desarrollo de computación física de código abierto establecida en una placa con un microcontrolador que permite crear un entorno de desarrollo para crear software para la placa ²², en la figura 12 se observa los diferentes tipos de Arduino que se encuentran en el mercado actualmente.

Figura 12. Arduino



Fuente: Xataka nasics. Clases de Arduino. Recopilado en: 6 de octubre del 2018.
Tomado de (<https://goo.gl/DT5VxZ>)

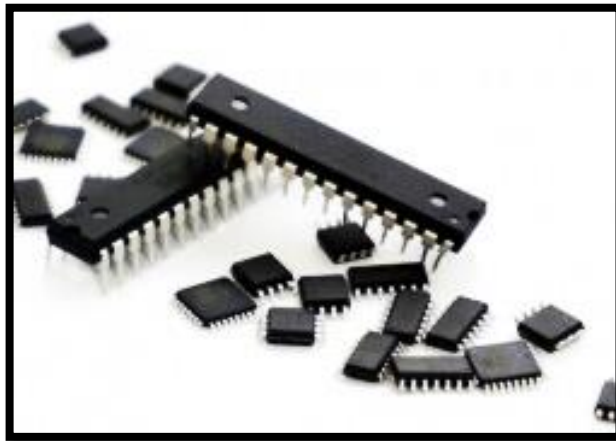
²² Perez, Benitp. Comenzando con Arduino. Unidad de Innovación Docente. Universidad de Cadiecup: Recuperado de <https://goo.gl/H5ZT6P> (tomado el: 06/10/2018 / hora: 9:00)

5.13 Controlador programable de interrupciones (P.I.C)

Con respecto a los controladores programables de interrupciones, hay bastantes en el mercado variando algunas especificaciones internas véase figura 13, el motivo por el cual es uno de los más utilizados en el mercado es²³:

- Arquitectura Harvard, procesador segmentado.
- Compatibilidad software entre los modelos de la misma gama.
- Sencillez de uso y herramientas de desarrollo sencillas y baratas.
- Código compacto y rápido.
- Poco consumo y amplio rango de voltajes de alimentación.
- Pequeño tamaño y gran variedad de encapsulados.
- Precio

Figura 13. Controladores programables de interrupciones



Fuente: hacedores. Microcontrolador: Recopilado en: 6 de octubre del 2018.
Tomado de (<https://goo.gl/9yQRor>)

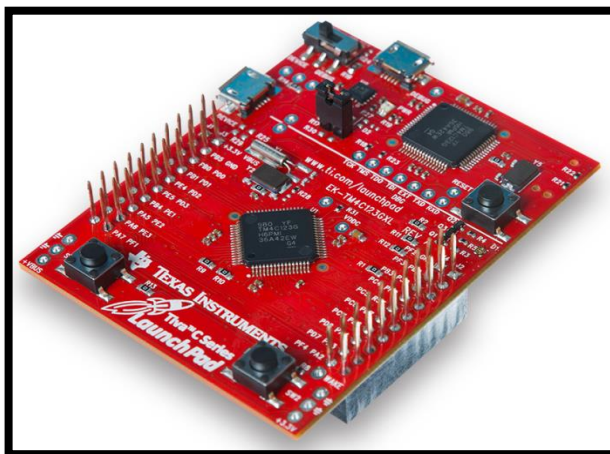
5.14 MICROCONTROLADOR DE TEXAS INSTRUMENTS

La tarjeta de desarrollo Texas instruments es una plataforma de pruebas para un microcontrolador basado en la arquitectura ARM Cortex M4F24, en la figura 14 se observa el diseño de una de las tarjetas en el mercado.

²³ Studylib. Microcontroladores PIC. Sistemas electrónicos avanzados: Recuperado de <https://goo.gl/k7tQZK> (tomado el: 08/10/2018 / hora: 9:00)

²⁴ Garcia,Mercelino. LAUNCHPAD TM4C123G TIVA TEXAS INSTRUMENT SERIE CHETPRO. Recuperado de <https://goo.gl/HRqvwp> (tomado el: 08/10/2018 / hora: 10:00)

Figura 14. Microcontrolador de Texas instruments



Fuente: hetpro tecnologías profesionales. Recopilado en: 8 de octubre del 2018.
Tomado de (<https://goo.gl/KQD5Mj>)

5.15 MICROCONTROLADOR RASPBERRY

Es un ordenador pequeño como una tarjeta de crédito. Consta de una placa base sobre la que se monta un procesador, un chip gráfico y memoria R.A.M, soporta varios componentes, en la figura 15 se observa una tarjeta que se encuentra en el mercado, como hacer hojas de cálculo, texto y juegos, la cual puede conectarse a un televisor y teclado²⁵.

Figura 15. Microcontrolador Raspberry



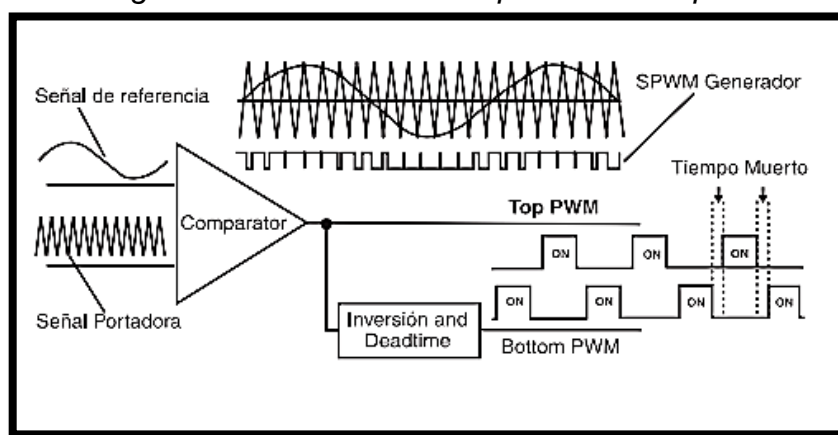
Fuente: ABC tecnología. Raspberry Pi: Recopilado en: 8 de octubre del 2018.
Tomado de (<https://goo.gl/eebr5z>)

²⁵ ABC Tecnología. Qué es Raspberry PI y para qué sirve. 21 de Julio, 2013. Recuperado de: <https://goo.gl/eebr5z> (tomado el: 08/10/2018 / hora: 12:00)

5.16 MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO

La modulación por ancho de pulso (P.W.M), es una técnica de modulación escalar la cual permite la variación de la señal de referencia y la secuencia de conmutación, las cuales dan como resultado diferentes técnica de modulación por ancho de pulso, donde cada una modifica la eficiencia de la conversión, las pérdidas por conmutación y la pureza de la señal de salida; así mismo esta modulación trabaja con inversores D.C / A.C monofásicos y trifásico, los cuales permiten comparar la señal de referencia modular con la de una portadora de forma triangular o de diente de sierra como se observa en la figura 16:

Figura 16: Señal modulada por ancho de pulso



Fuente: Revista Redalyc: Recopilado en: 15 de noviembre del 2018. Tomado de <https://goo.gl/unqtBk>

La relación entre la señal de referencia y la señal portadora se le llama índice de modulación y se representa por m_a , donde A_r es la amplitud de la señal de referencia y A_c es la amplitud de la señal portadora. El índice de modulación permite obtener la tensión variable a la salida del inversor véase la ecuación 1.

Ecuación 1

$$m_a = \frac{A_r}{A_c}$$

La relación entre la frecuencia de la señal portadora y la frecuencia de referencia se denomina índice de frecuencia y se representa por m_f , donde idealmente debe ser mayor a 21 y la frecuencia de la portadora está representada por F_c y debe ser múltiplo de la frecuencia de la señal de referencia la cual se representa por F_r , el índice de frecuencia determina la distorsión armónica de la señal de salida la cual

es una medida de su contenido armónico. La variación de la señal de referencia y la secuencia de conmutación dan como resultado diferentes técnicas de modulación PWM, cada una modifica la eficiencia de la conversión, las pérdidas por conmutación en el puente inversor y la pureza de la señal de salida véase la ecuación 2.

Ecuación 2

$$m_f = \frac{F_r}{F_c}$$

5.17 LENGUAJE C

Su inicio se dio en el año de 1972, cuyo creador fue el laboratorio BELL, donde nace de la necesidad de reescribir los sistemas operativos UNIX que permitiera optimizar el código ensamblador; el cual tomó fuerza por su funcionalidad y facilidad para los sistemas computacionales que requieren códigos de máquina, como lo puede ser para la programación de los microcontroladores en el programa de MikroC PRO.

Para poder declarar un variable en el lenguaje C, se debe llevar a cabo indicando el tipo de variable seguido de un nombre que el desarrollador asigna de manera aleatoria, ya para culminar la declaración esta debe terminar con punto y como (;) como, por ejemplo:

```
char CHARACTER;           //Declaración de un variable tipo char.
long ENTERO2=-977561;      //Declaración de una variable de tipo entero largo
                           //inicializada con el valor -977561.
bit VARIABLE1_BIT;        //Declaración de una variable tipo bit.
```

Es posible dar un valor inicial en el punto de la declaración como se muestra en los ejemplos, pero aun así este no es siempre necesario, otra forma como se puede escribir una variable es sin signo como, por ejemplo:

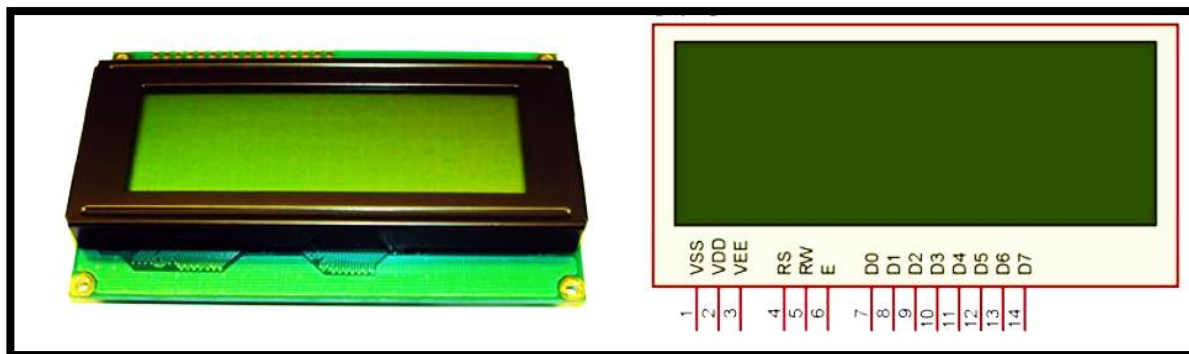
```
unsigned float ENTERO;     //Declaración de una variable tipa entera sin signo.
```

Se identificó que, por medio de las funciones predefinidas de la librería matemática, se puede llevar a cabo operaciones matemáticas de mayor complejidad; en el siglo XIX el matemático inglés GEORGE BOOLE planteó las operaciones OR, AND, NOT, XOR, NOR, NAND, XNOR las cuales en el programa C se realizan entre dos variables o constantes, es decir de bit a bit del mismo peso en una variable o número.

5.18 DISPLAY DE CRISTAL LIQUIDO

Las pantallas de cristal líquido son módulos que contienen controladores incluidos, los cuales cuentan con un bus de datos y de control, estos se pueden manejar en el programa de MikroC PRO la cual tiene una librería predefinida para el control y programación, en la figura 17 se observa una de las pantallas de cristal líquido que se consiguen en el mercado.

Figura 17: Display de cristal liquido



Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado 15 de noviembre del 2018
Tomado de (<https://goo.gl/ABtfDQ>)

Como otras funciones principales es graficar los caracteres del código ASCII, admiten graficar hasta 8 caracteres diseñados por el desarrollador, permiten fundamentalmente la conexión del bus de datos los cuales físicamente tiene 8 bits que se pueden configurar con solo 4 Bits lo que minimizará las conexiones y disminuyendo su velocidad de trabajo.

5.19 PROTOCOLO I2C

Fue desarrollado por Philips a principios de los 80 como medio de interconexión entre una CPU y dispositivos periféricos dentro de la electrónica de consumo, cuyas funciones son simplificar las conexiones entre los periféricos, aumentar la inmunidad al ruido y control de sistemas de audio y vídeo. En la actualidad diseñan dispositivos basados en I2C muchos fabricantes como los son Xicor, SGS-Thomson, Siemens, Intel, TI, Maxim, Atmel, Analog Devices.

El I2C es un bus con múltiples maestros, lo que significa que se pueden conectar varios chips al mismo bus y que todos ellos pueden actuar como maestro, sólo con iniciar la transferencia de datos. Este protocolo es un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue

diseñado a este efecto por Philips y permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

Ventajas:

- Pocos cables de interconexión.
- Componentes con encapsulado reducido.
- Tarjetas reducidas.
- Conexión de dispositivos a distancia.

Inconvenientes:

- Velocidad inferior a un bus paralelo.
- Disponibilidad de circuitos que soporten el bus.

Parámetros generales:

- Número de hilos de conexión.
- Velocidad (bits/segundo).
- Distancia máxima y número de dispositivos.
- Protocolo de acceso al medio compartido.
- Política de direccionamiento.

5.20 MÓDULOS INALÁMBRICOS INFRARROJOS

Los módulos inalámbricos infrarrojos, son un sistema que no requieren gran velocidad de transmisión ya que admiten línea de vista directa, su alcance estará relacionado con la potencia del emisor que tiene un promedio de 10 metros, la transmisión de los datos se realizará por medio de diodos emisores de luz infrarroja la cual tendrá una modulación digital de amplitud de ASK.

La recepción de los datos es por medio de un demodulador ASK los cuales son dispositivos integrados que se consiguen de manera comercial, estos alcanzan a recibir datos hasta de 2,4k Bits por segundo, estos dispositivos están compuestos por tres terminales:

1. Dos polarizadores; Vcc o poder y referencia.
2. Referencias y salida demoduladas en amplitud con colector abierto.
3. Resistencia PULL-UP a Vcc.

Se debe tener en cuenta que la salida del demodulador está invertida, lo que indica que cuando el dispositivo detecte la señal portadora la salida del demodulador se

activa en bajo y se activa en alto cuando se presente ausencia de la misma, en la figura 18 se presentan algunos dispositivos que se encuentran en el mercado.

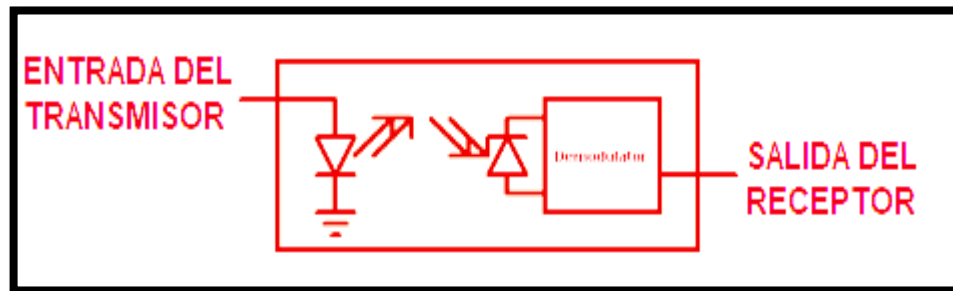
Figura 18: Módulos Inalámbricos Infrarrojos



Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en (<https://goo.gl/FqvXGf>) 15 de noviembre del 2018.

La distribución de los pines entrada y salida, cambiará dependiendo el fabricante; la simulación se puede generar a través del módulo virtual IRLINK; en donde simula el enlace inalámbrico por medio del infrarrojo LED y el dispositivo modulador que permitirá editar la frecuencia ASK véase figura 19.

Figura 19: Simulador de enlace inalámbrico

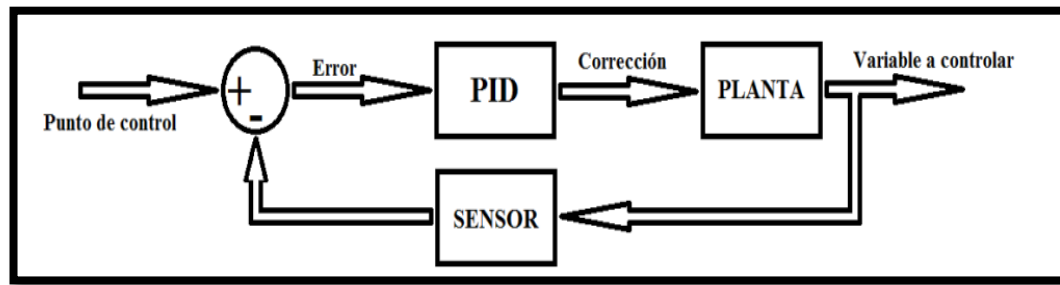


Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en (<https://goo.gl/FqvXGf>): 15 de noviembre del 2018.

5.21 CONTROL DIGITAL PROPORCIONAL – INTEGRAL – DERIVATIVO

La forma de control automático más popular es proporcional, integral, derivativo (P.I.D.), los cuales cuentan con las siguientes características: Punto de control, corrección, planta, error, variable a controlar, controlador y sensor o transductor (véase figura 20).

Figura 20: Características de control digital proporcional, integral, derivativo



Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en (<https://goo.gl/r77juE>) 15 de noviembre del 2018.

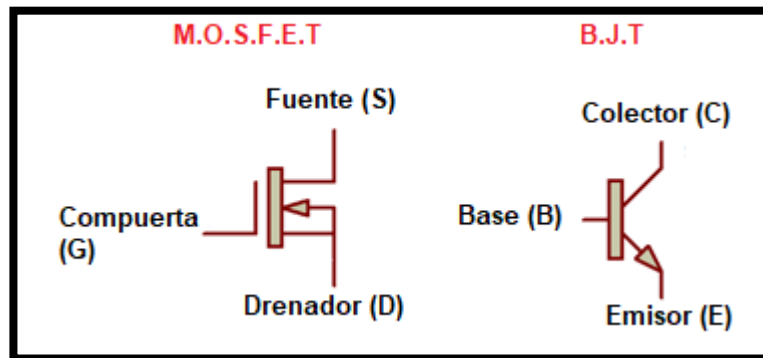
5.22 ACTUADORES Y POTENCIA

Los actuadores son conocidos como dispositivos electrónicos o eléctricos que permiten crear un cambio físico sobre un variable, como lo puede ser la presión, temperatura, la velocidad, humedad entre otras; estos pueden ser de accionamiento por corriente alterna, como lo son los motores, resistencias eléctricas, entre otros y los actuadores de corriente directa que pueden ser los servomotores, solenoides, motores.

Los actuadores de corriente directa se establecen esencialmente en dos dispositivos, los transistores de potencia de unión bipolar (B.J.T) que se caracterizan por controlar una corriente por medio de otra o los transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (M.O.S.F.E.T) los cuales permiten el control de la corriente por medio de una diferencia de potencia, para su funcionamiento requieren de corriente directa.

La función de estos transistores se reparte en tres zonas: zona de corte, zona de saturación y zona activa siendo esta última es utilizada en los sistemas de amplificación de señal, estos transistores deben tener siempre un comportamiento de prendido o apagado, es decir se usan en corte y saturación. La vista de los transistores en ISIS se observa en la figura 21.

Figura 21: Transistores en ISIS

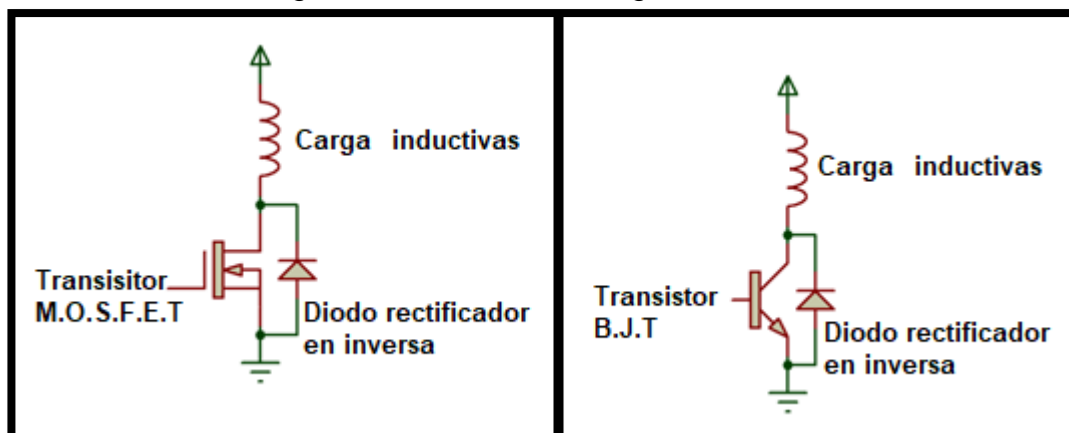


Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en: 15 de noviembre del 2018.

Los transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor, son los encargados de controlar la corriente que circula entre las fuentes S, y el drenador D, a través de la diferencia de potencial eléctrico sobre la compuerta G. La corriente que fluye entre el colector C y el emisor E, a través de la corriente que circula por la base B, esta parte es controlada por el transistor de potencia de unión bipolar.

Si en algún momento se llega a presentar una carga de corriente inversa, la cual puede causar daños en los sistemas controlados con transistores, se debe usar un diodo rectificador polarizado en inverso para que se genere la descarga de las cargas inductivas, como se puede observar en la figura 22.

Figura 22: Circuito de Cargas Inductivas

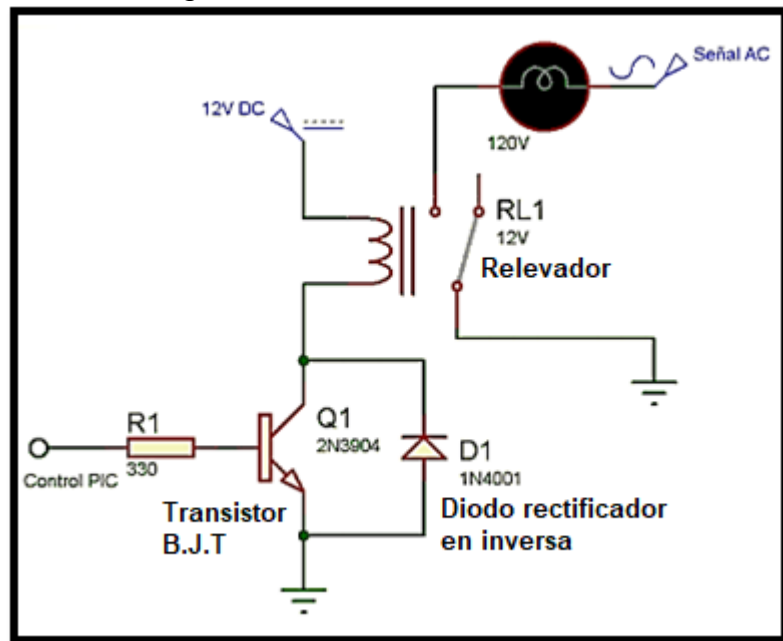


Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en: 15 de noviembre del 2018.

5.23 RELEVADORES

Es un elemento fundamental dentro de la etapa de control electrónico, los relevadores son dispositivos electromagnéticos que está compuesto por un electroimán que permite la apertura o el cierre del circuito eléctrico por medio de uno o varios contactos, son muy utilizados para aislar los circuitos, independientemente de su bajo rendimiento y su deterioro con el tiempo; estos deben ser usados al final del circuito como se observa en la figura 23.

Figura 23: Circuito de Relevadores

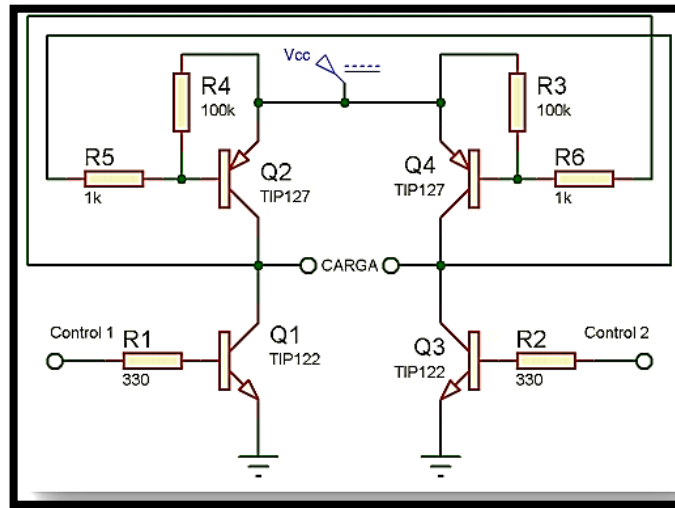


Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en: 15 de noviembre del 2018.

5.24 PUENTE H

Como arreglos transitorios los cuales permiten invertir la polaridad sobre una carga eléctrica, con el suministro de una fuente sencilla, en este caso los utilizados son los de puente H, debido a que estos cuentan con dos señales de control que permiten activar la polaridad positiva y negativa, véase la figura 24.

Figura 24: Circuito Puente H



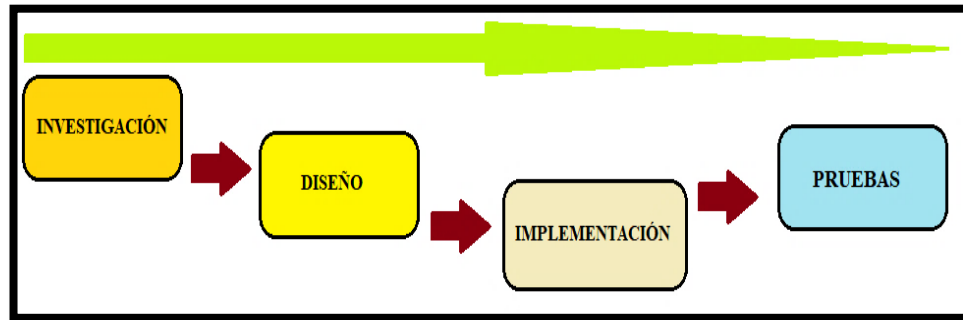
Fuente: Juan Clavijo Mendoza. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS MICROCONTROLADOS EN LENGUAJE C: Recopilado en: 15 de noviembre del 2018.

Se debe tener en cuenta que nunca se podrá tener activa los dos puntos de control al mismo tiempo ya que esto puede generar un corto circuito, así que su forma correcta de activar su polaridad positiva es activar el control 1, y mantener apagado el control 2.

6 METODOLOGÍA

El trabajo de grado se realizó en 4 fases, como se muestra en la figura 25 con un diagrama de bloques.

Figura 25. Diagrama de bloques



Fuente: Autor Recopilado en: 15 de agosto del 2018

6.1 INVESTIGACIÓN

Se recopiló información de los diferentes tipos de máquinas existentes en el sector agrícola para grandes y pequeños distribuidores, identificando los mecanismos de desgrane. Por otro lado, se obtiene información sobre sensores y actuadores necesarios para la automatización, así como también los diferentes dispositivos de control.

Esta fase incluye las siguientes actividades:

- Se identificaron las formas más eficientes de desgranar la arveja sin dañarla ya sea con cuchillas o rodillos por medio de presión.
- Se encontró la forma adecuada de la separación de la cascara y la arveja.
- Se investigó sobre los sistemas de control utilizados en las máquinas de agricultura.

6.2 DISEÑO

En esta etapa se escogió los materiales favorables y apropiados para la elaboración del prototipo, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Características técnicas.
- Menor peso.
- De un tamaño moderado de fácil transporte.
- Eficiencia energética.
- Costos.

Algunas tareas en esta fase fueron: Diseñar planos eléctricos, algoritmos de control, diagramas de flujo, mecanismo de desgrane

6.3 IMPLEMENTACIÓN

Después de haber concluido las fases anteriores, se construyó la maquina anteriormente descrita. Esto incluye:

- Construcción del sistema mecánico.
- Conexión de sensores, actuadores y cableado de potencia y señales.
- Programación del dispositivo de control.
- Desarrollo de tarjetas de circuito impreso.

6.4 PRUEBAS

Esta fase incluye:

- Caracterización de sensores, actuadores.
- Pruebas del algoritmo de control.
- Pruebas del mecanismo de desgrane.
- Prueba del sistema completo.

7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS TIPOS DE MAQUINAS

En la búsqueda de máquinas desgranadoras de alverja se han hallado diversos métodos de desgrane, donde se realizó una descripción de cada uno y de esta manera poder encontrar el más eficiente, ajustado el presupuesto a la población que se le está ofreciendo el producto.

7.1 MÉTODO DE DESGRANE POR INYECCIÓN HIDROSTÁTICA

La funcionalidad de este dispositivo es lograr un corte inicial en una de las puntas de las vainas de la arveja cuya abertura permitirá introducir el suficiente aire lo cual permita que la vaina se separe hasta lograr que los granos se desprendan de un extremo a otro, para poder lograr su recolección, a partir de ello se puede considerar que este método puede generar un costo muy alto y complejidad de fabricación²⁶, (véase figura 26).

Figura 26. Inyección hidrostática



Fuente: Universidad pontificia Bolivariana. Inyección hidrostática: Recopilado en: 3 de setiembre del 2018.

²⁶ Escobar, Y. & Escobar, G. Maquina desgranadora de arveja y frijol. CIBIM 8. Universidad Pontificia Bolivariana – Medellín, Colombia. Facultad de Ingeniería Mecánica, 23 al 35 de octubre, 2007. P 3.

7.2 MÉTODO DE DESGRANE POR TRILLADORA

Este método consiste en desprender los fragmentos mediante el empuje gracias a la presión de rodillos que arrastran las vainas para que los granos se acumulen de un extremo y salgan así de la vaina debido a que al agruparse en un solo lado por el desplazamiento entre la abertura que se genera entre los rodillos en movimiento logrando fácilmente separar el grano de su respectiva cascara, (véase figura 27).

Figura 27. Maquina trilladora



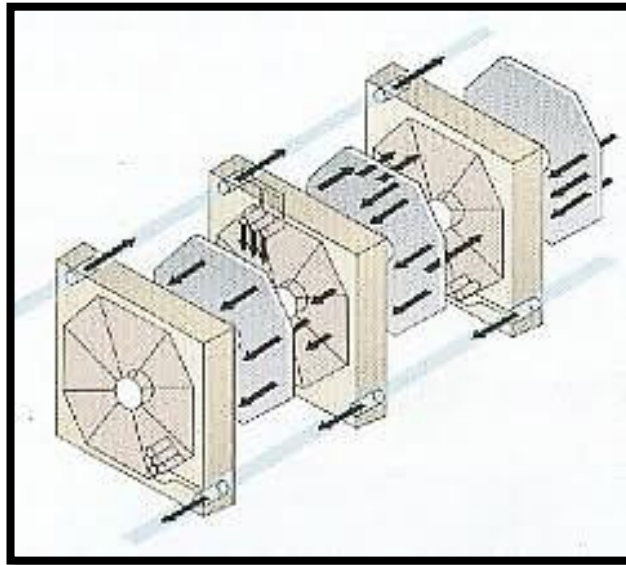
Fuente: Alvan blanch. Processing the world crops and materials. Maquila trilladora:
Recopilado en: 3 de septiembre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/7Ubis6>)

7.3 METODO DE DESGRANE POR VENTILACIÓN

Otro tipo de maquina desgranadora es la de ventilación en la cual las vainas se agrupan y se cortan en secciones iguales a partir de ello se introducen las secciones en una cámara de aire el cual debe provocar el movimiento de todas las partes cortadas y de esta manera los granos se desprendan de los segmentos de cascara a partir de esto caen en otra sección logrando así la separación²⁷(véase figura 28).

²⁷ Ibíd.,p.4

Figura 28. Desgrane por ventilación



Fuente: Congreso iberoamericano de ingeniería mecánica. Máquina tornilladora para máquina de maíz: Recopilado en: 3 de septiembre del 2018.

8 DISEÑO

El diseño del prototipo desgranador de alverja se divide en diseño mecánico y diseño electrónico. El primero consta del desarrollo de un mecanismo para el desgrane de la alverja. El diseño electrónico consta del funcionamiento de todo el mecanismo abarcando del sistema de control.

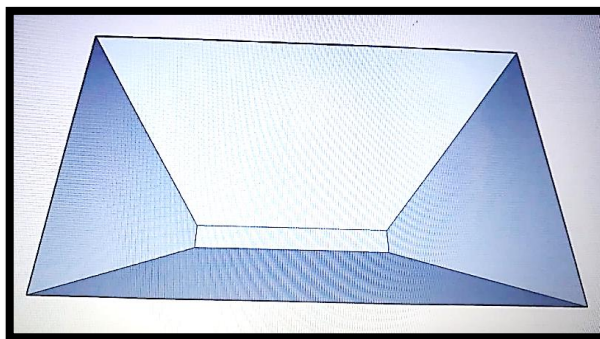
8.1 DISEÑO MECÁNICO

En el diseño mecánico se proporciona las partes que van a componer el producto, donde se han escogido mediante estudios previos para que satisfaga los requisitos y restricciones del trabajo de grado y de dicha manera cumplan con las funciones y necesidades propuestas.

8.1.1 TOLVA

Esta elaborada en aluminio (ver figura 29) cuya función es mantener depositada la vaina e irla dejando caer por gravedad a la bandeja transportadora, la tolva consta de un sensor de ultrasonido para verificar si se encuentra producto dentro de la misma.

Figura 29: Tolva

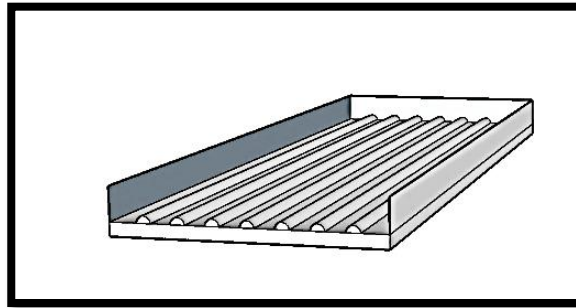


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 25 de octubre del 2018

8.1.2 BANDEJA TRANSPORTADORA

Estas construida en aluminio con unas guías horizontales las cuales hacen el posicionamiento correcto de la vaina como se muestra en la figura 30, la vaina va a proceder a ser introducida a los rodillos, la bandeja se encuentra soportada por 4 resortes para que haya oscilaciones las cuales son generadas por un motor de vibración (DC) y de esta manera bajen las vainas.

Figura 30: Bandeja transportadora

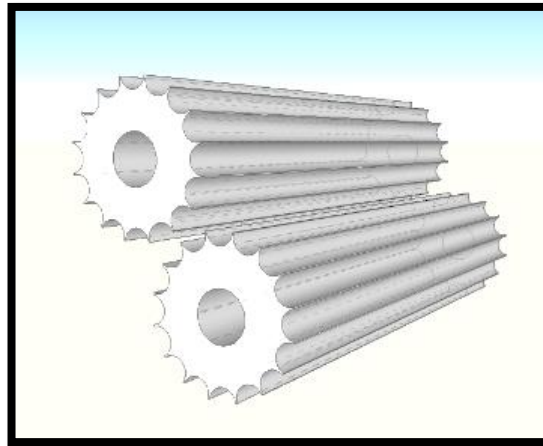


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 25 de octubre del 2018

8.1.3 RODILLOS

Son dos rodillos los cuales uno de ellos lleva rodamientos y el otro este acoplado a unas chumaceras donde la función de estas es poder girar libremente sin perdida por fricción, estos van ensamblados a un eje cada uno los cuales tienen una serie de piñones, generando en uno un movimiento sentido horario y de esta manera el otro rodillo gira sentido anti horario; esto para crear un agarre eficiente de las vainas, véase figura 31.

Figura 31: Rodillos

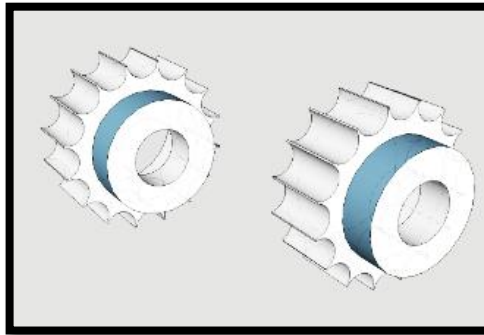


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 25 de octubre del 2018

8.1.4 TREN DE ENGRANAJE

Este compuesto por una serie de piñones (véase figura 32) donde su funcionamiento es darles movimiento a los ejes por medio de un motor de corriente directa que funciona a 12 voltios que tiene un alto torque y poca velocidad.

Figura 32: Tren de engranaje

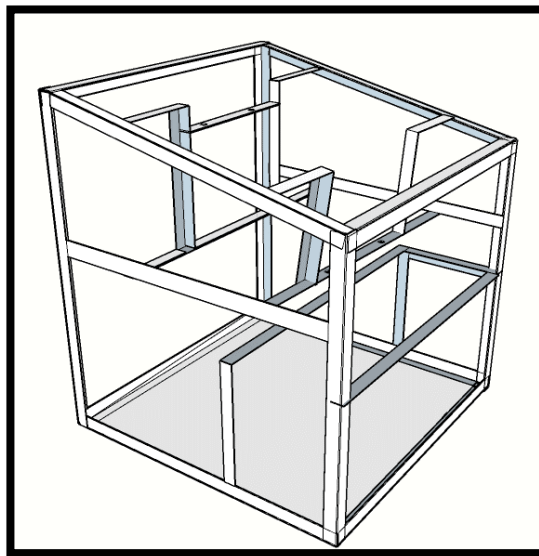


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 25 de octubre del 2018

8.1.5 CHASIS Y CARCASA

Es el sistema estructural de la máquina de material metálico como se observa en la figura 33, donde es necesario para acoplar todo el mecanismo y de la misma manera alojarlo en su interior, consta de los dos recipientes de almacenamiento, el de la alverja desgranada y la otra de los desechos que deja la misma.

Figura 33: Carcasa

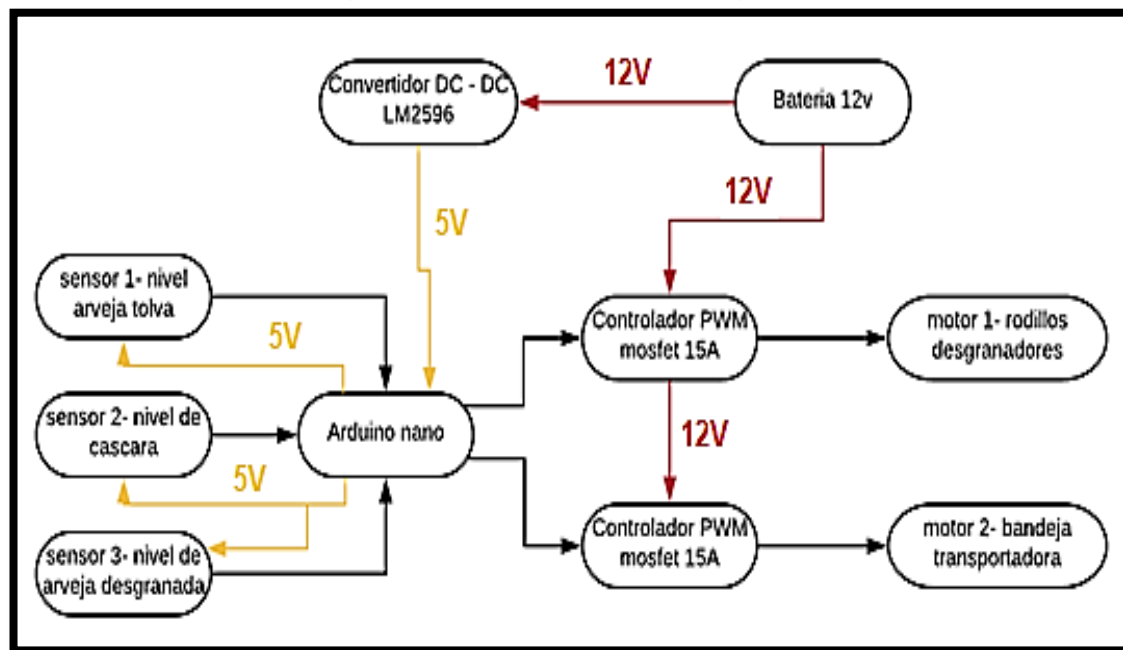


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 25 de octubre del 2018

8.2 DISEÑO ELECTRONICO

En la figura 34 se muestra el diseño electrónico general del prototipo, seguidamente se describen las diferentes partes.

Figura 34. Diseño electrónico general



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 10 de octubre del 2018

8.2.1 BATERIA DE ALIMENTACIÓN

Esta batería va alimentar el sistema eléctrico de la maquina donde la tensión máxima que puede suministrar, igual al valor de 2,2 V multiplicado por el número de elementos que la componen y la capacidad en amperios-hora (Ah), que equivale a decir la intensidad de la corriente eléctrica que es capaz de suministrar con suficiente regularidad.

8.2.2 MICROCONTROLADOR

El prototipo requiere un microcontrolador para regular la velocidad de los motores por medio de la modulación por ancho de pulso. Así mismo, recibe la señal de los sensores de nivel que determinan el inicio y finalización del proceso de desgrane. De esta forma, el microcontrolador requiere: 4 salidas digitales P.W.M, y 6 entradas digitales. Comercialmente se encuentran las siguientes referencias (véase tabla 1) que cumplen las características técnicas requeridas.

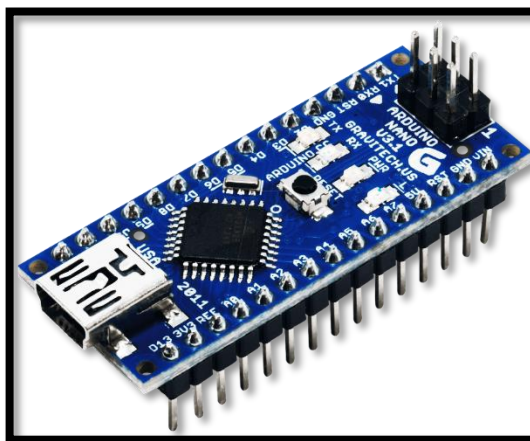
Tabla 1: Tipos de microcontroladores

Referencia	Bus de datos (bit)	Puertos P.W.M	Memoria (KB)	frecuencia de operación (MHz)	Costo \$ (COP)
Arduino mini	8	6	16	16	23.000
Arduino nano	8	6	16	16	14.000
Arduino mega	8	15	16	128	45.000
ATMEGA328-PU	8	-	32	20	8.600
Texas instruments	32	-	256	80	55.000
Raspberry Pi	8	-	-	700	175.000

Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 26 de octubre del 2018

Por costo, facilidad de programación y puertos requeridos, se escogió el microcontrolador Arduino nano (véase figura 35) donde su comportamiento es como un computador dedicado el cual realiza un solo programa a la vez y su función es controlar el funcionamiento y velocidad de los motores, y sensores.

Figura 35: Arduino nano



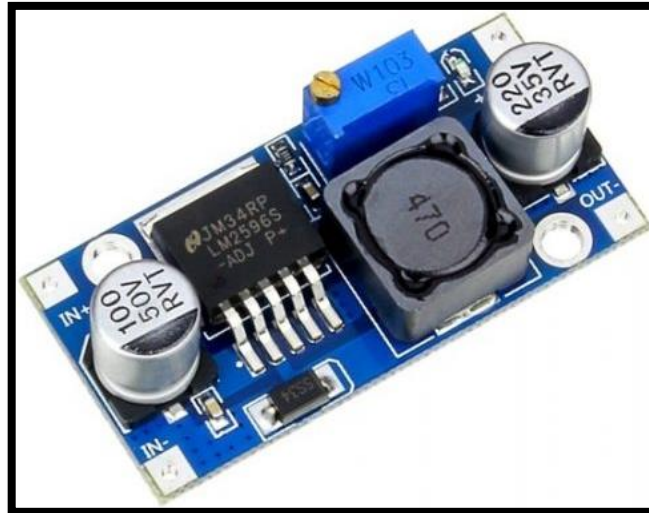
Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 22 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/k3LrJq>)

8.2.3 CONVERTIDOR DE CORRIENTE DIRECTA A CORRIENTE DIRECTA, REFERENCIA LM2596

A partir de la batería de 12V se implementa el convertidor D.C - D.C cuya función es tener un voltaje regulado de 5V teniendo en cuenta que soporta un voltaje de entrada de 4.5V - 40V y un voltaje de salida de 1.5V - 35V, también es capaz de conducir una corriente de hasta 3A y es un circuito integrado monolítico de fácil

implementación como se observa en la figura 36, donde su función es darle energía al microcontrolador y sus derivados.

Figura 36: Convertidor DC – DC LM2596



Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 22 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/DJmr45>)

8.2.4 CONTROLADOR POR MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO

Para el cumplimiento del objetivo principal de la maquina se requiere una velocidad apropiada de los motores para un funcionamiento adecuado en el momento del desgrane, comercialmente se encuentra diferentes controladores por modulación por ancho de pulso en el mercado.

Tabla 2: Referencias de controladores por modulación por ancho de pulso

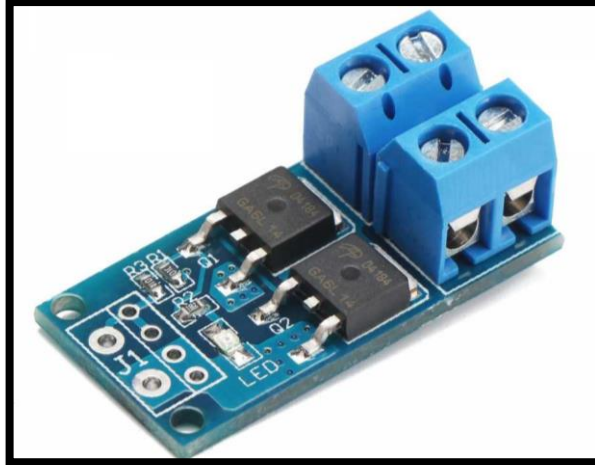
Referencias	Corriente max (A)	Entradas lógicas	Señal PWM	Costo \$ (COP)
Puente H BTS7960	43	Si	2	50.000
P.W.M M.O.S.F.E.T	15	Si	1	10.000
Driver L298n	2	Si	2	9.000
Puente H L9110s	8	No	1	8.000

Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 26 de octubre del 2018

Se ha escogido el controlador por modulación por ancho de pulso con un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (M.O.S.F.E.T) por las prestaciones que presenta ya que estas son las requeridas en el caso de los motores donde

soportan 15A de corriente y funciona por P.W.M para controlar la velocidad de los motores (véase la figura 37).

Figura 37: Controlador utilizando un transistor M.O.S.F.E.T (15A)



Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 26 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/nHzBB1>)

8.2.5 SENSORES

Es necesario implementar algunos sensores para controlar la producción de la máquina, en este caso se necesitan sensores de distancia donde se encuentran las siguientes referencias en el mercado.

Tabla 3: Características de diferentes tipos de sensores

Referencias (sensor)	Voltaje de funcionamiento (V)	Alcance mínimo (cm)	Alcance máximo (cm)	Costo \$ (COP)
Infrarrojos	3.3 – 5	2	8	5.000
Ultrasonido	5	1.7	400	5.000
Sharp P2Y0A21YK0F	4.5 – 5.5	10	80	21.000

Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 27 de octubre del 2018

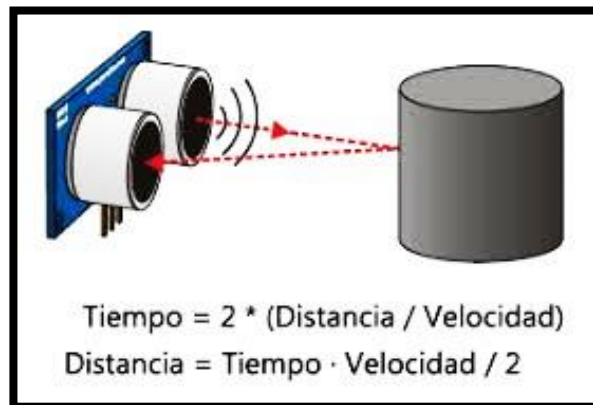
Por sus características y costos se ha escogido el sensor HC-SR04 de ultrasonido el cual nos permite obtener la distancia a partir de la medición del tiempo de ida y vuelta del pulso de ultrasonido véase figura 38, se alimenta con 5 voltios a 1.5 mili amperios con corriente directa, lo cual lo hace ideal para trabajar con el Arduino NANO escogido anteriormente, se implementó en los recipientes y en la tolva cuya función es inicializar el sistema al detectar las vainas a menos de 10cm (Véase figura 39).

Figura 38: Sensor de ultrasonido



Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 26 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/s75U2d>)

Figura 39: Funcionamiento del sensor de ultrasonido



Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 26 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/s75U2d>)

8.2.6 MOTORES DC

El prototipo requiere de dos motores de corriente directa, el que va acoplado a los rodillos de desgrane que necesita motor que suministrar el torque necesario para desgranar arvejas, a continuación, observaremos los motores comerciales preseleccionados de los parabrisas de los vehículos ya que generan bastante torque.

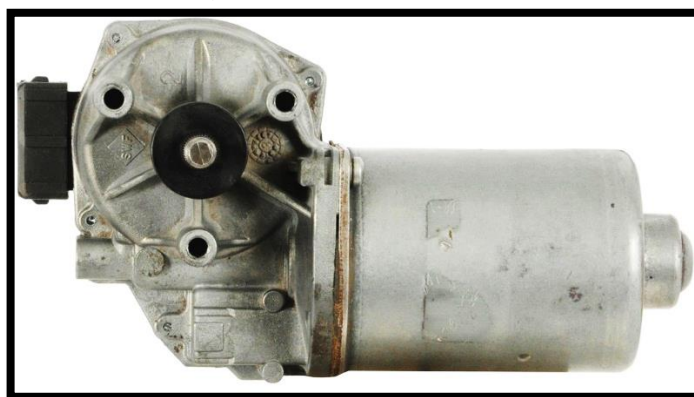
Tabla 4: Motores a seleccionar

Marca	Modelo	Voltaje (V)	Potencia (W)	Máxima velocidad (rpm)	Costo \$ (COP)
Leili	ZY-003	12 – 24	80	39+/-5	160.000
Yuntoo parts	ZD1075	12	75	3900 + -3, 30	239.400
Ford	PGM-W75P	12	20	130	150.00
HM	GP-WD63	24	30	95.7	170.00

Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 27 de octubre del 2018

Se escogió el motor de un parabrisas de un carro Ford (véase la figura 40), que a partir de pruebas demostró suministrar el torque necesario y la medida de la corriente nominal del motor fue de 6 A.

Figura 40: Motor DC Ford



Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 25 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/KKU1Jn>)

El motor utilizado para la bandeja transportadora es un motor de vibración (véase figura 41) en donde produce ondas elásticas sobre la bandeja y de esta manera se generan deformaciones y tensiones en ella, y gracias a ello bajan las vainas hacia los rodillos.

Figura 41: Motores de vibración

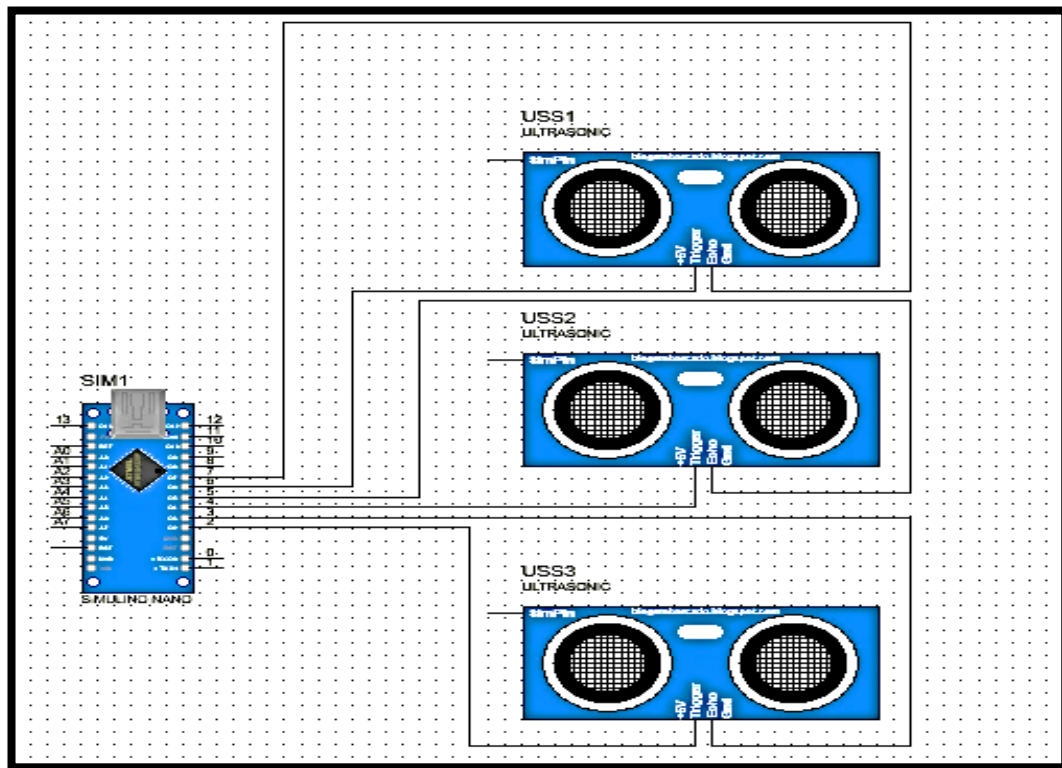


Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 25 de octubre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/29HtbT>)

8.2.7 SIMULACION DEL DISEÑO ELECTRONICO

En la figura 42 observamos la simulación de sensor HC-SR04 escogido para la implementación de la máquina, estos sensores cuentan con cuatro pines de conexión, su alimentación positiva en la entrada en donde se ingresan 5V que se obtienen del módulo de Arduino nano con su respectiva tierra, en el segundo pin del sensor hay que programar un pulso para activar el sensor de ultrasonido y por último el pin tres es el que envía la información al Arduino nano de la distancia censada. En el caso del Arduino nano los pines que se han utilizado son los digitales del 2 al 7.

Figura 42: Simulación sensores de distancia

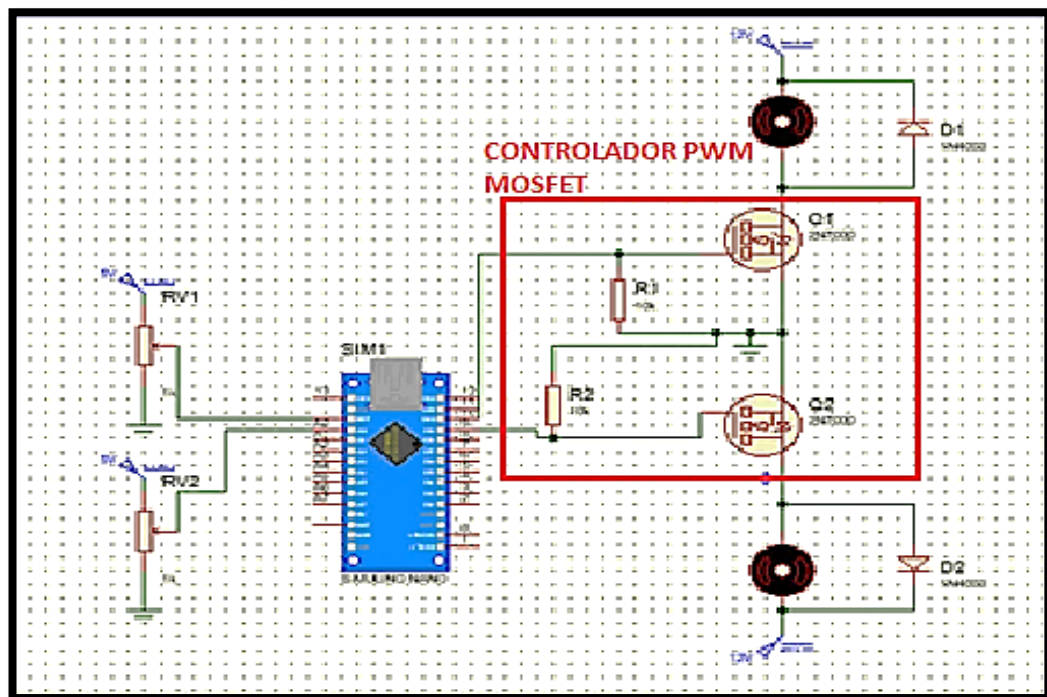


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

En la figura 43 se ha simulado el funcionamiento de los dos motores, representando el controlador MOSFET de 15A utilizado el cual no se encuentra encapsulado en el simulador PROTEUS, en la entrada de los puertos análogos del arduino NANO se implementan dos potenciómetros y a la salida de los puertos digitales una resistencia con un mosfet, esta función nos permite controlar la velocidad del motor adecuándola a la requerida.

Como se esta trabajando por modulación P.W.M cada microcontrolador cuenta con pines específicos que prestan este servicio, en el caso del Arduino NANO se pueden utilizar los puertos 3,5,6,9,10,11.

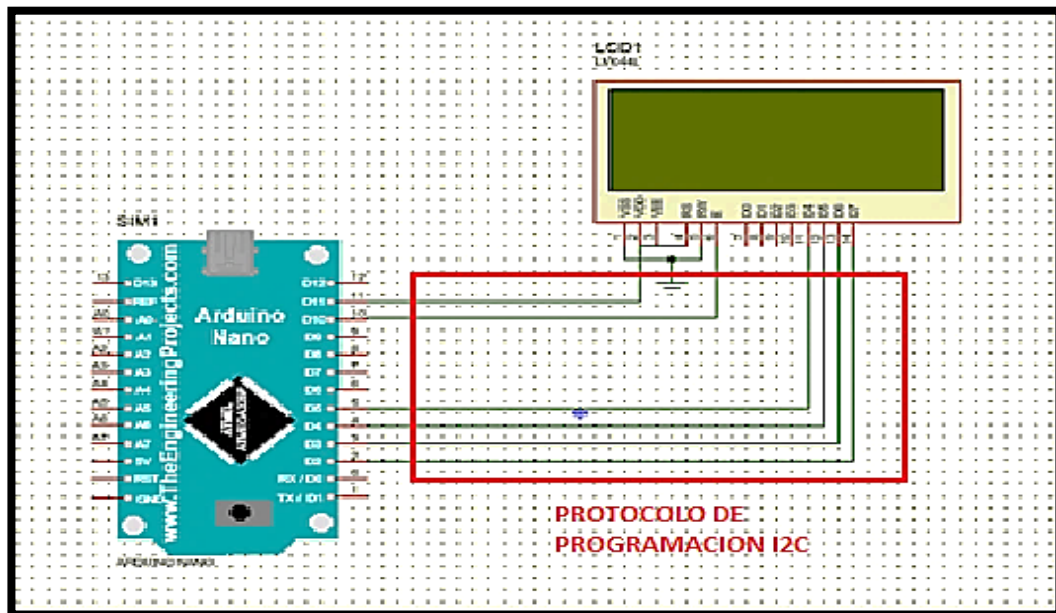
Figura 43: Simulación motores por PWM



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

En la figura 44 se realizó la simulación de la pantalla de cristal liquido, en donde se utilizo el protocolo de comunicación I2C para una reduccion de pines, rapida y eficiente comunicación entre la pantalla y el microcontrolador con un aporte adicional de poder comunicar otros dispositivos por este mismo canal.

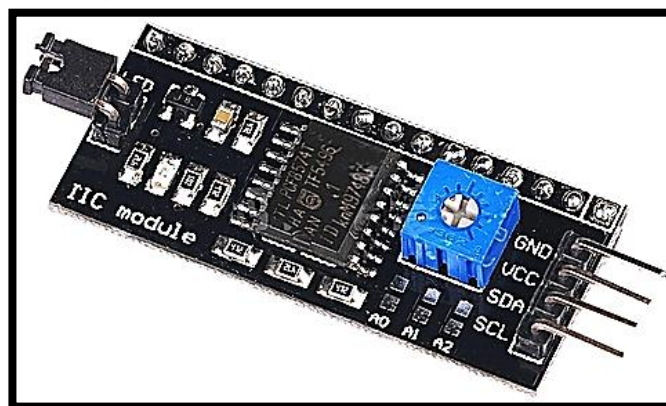
Figura 44: Simulación pantalla de cristal liquido



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

En la figura 45, es un modulo de comunicación con protocolo I2C para conectar a la pantalla de cristal liquido y reducir los pines a utilizar, en donde se obtienen 4 pines de salida a diferencia de la pantalla L.C.D que cuenta con 16 pines de salida, los dos pines de comunicación (S.D.A y S.C.L) van a los pines de comunicación analógicos 4 y 5 del Arduino nano los cuales cuentan con el protocolo de comunicación I2C.

Figura 45: Modulo de comunicación I2c



Fuente: Google imágenes: Recopilado en: 30 de noviembre del 2018. Tomado de (<https://goo.gl/cPSrDR>)

9 IMPLEMENTACION

Para la fabricación del prototipo desgranador de alverja procedemos a elaborar las siguientes piezas:

Para la elaboración de los rodillos se emplea en material empack de 7.62 cm con 30 cm de largo, los cuales se maquinean y tornean para abrir el eje de rotación centrado de diámetro de 2.54 cm en donde va a encajar el eje, dejar el diámetro de empack de 7.8 cm (véase figura 46), este procedimiento se realiza debido a que este material no viene uniforme (véase figura 47), luego de esto se pasa a una fresadora para elaborar las estrías con 0.3 cm de profundidad a 1.9 cm de separación de forma horizontal, en donde su función es proporcionar un mejor agarre de la vaina en el momento de desgrane.

Figura 46. Empack torneado para el eje



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 8 de octubre del 2018

Figura 47. Empack torneado a 7.8 cm



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 9 de octubre del 2018

Luego de esto el rodillo se taladra abriendo un agujero roscado para poner un tornillo prisionero y sujetar el eje (véase figura 48).

Figura 48. Perforando empack



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 10 de octubre del 2018

A continuación de esto a los rodillos se les implementa un eje de arrastre de 2.54 cm centrado entre puntos, el cual es sujetado con unos prisioneros para que no halla movimiento del eje dentro del rodillos (véase figura 49).

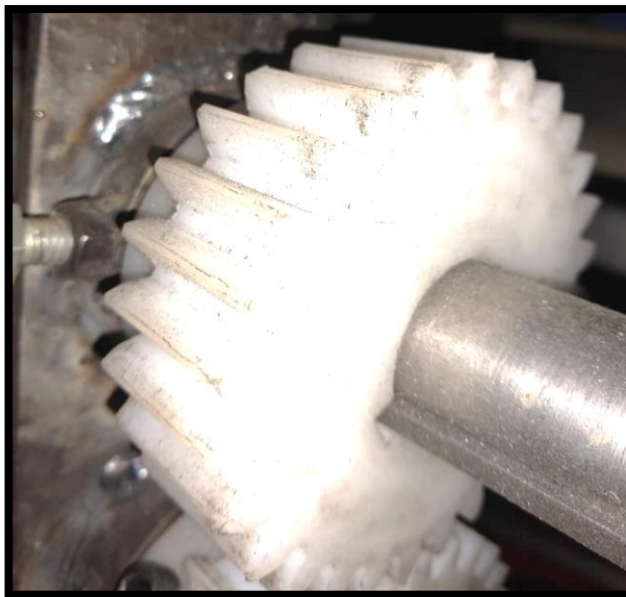
Figura 49. Empack con el eje



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 10 de octubre del 2018

Para los piñones utilizamos empack de 10.16 cm, los cuales al darle la relación de 28 dientes dejarán una separación de 0.2 cm entre los rodillos (véase figura 50).

Figura 50. Piñón en empack



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 11 de octubre del 2018

Para la estructura de los rodillos se utilizó platina de 7.62 cm por 1.9 cm, en estas platinas se fijaron los rodillos a un sistema de rodamientos y se acoplaran con los engranajes (véase figura 51).

Figura 51. Platinas



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 12 de octubre del 2018

Estos engranajes se acoplarán a un motor eléctrico de corriente directa que gracias a la relación que tiene genera más fuerza que velocidad (véase figura 52).

Figura 52. Motor DC



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 11 de octubre del 2018

Este motor se le va a ajustar la velocidad necesaria con un controlador P.W.M utilizando un transistor tipo M.O.S.F.E.T 15A (véase figura 53).

Figura 53. Controlador P.W.M con transistor tipo M.O.S.F.E.T



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 15 de octubre del 2018

La fuente de poder que se va a utilizar es una batería de carro la cual va alimentar todo el sistema de automatización de la desgranadora (véase figura 54).

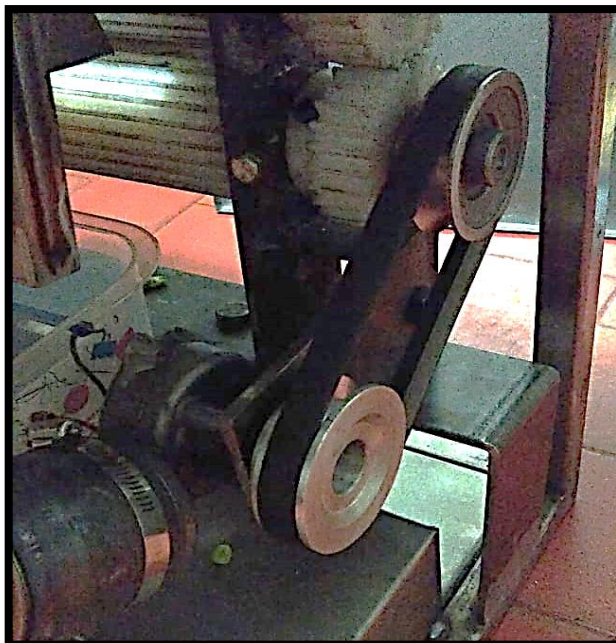
Figura 54. Fuente de alimentación



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 15 de octubre del 2018

Se realiza la implementación de las poleas a los engranajes y al motor para generar movimiento a los rodillos (véase figura 55).

Figura 55: Poleas



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de octubre del 2018

Como se observa en la figura 56 está implementado la parte mecánica del proceso de desgrane.

Figura 56: Parte mecánica



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de octubre del 2018

En la figura 57 se observa el diseño de la bandeja, está elaborada en aluminio con unas guías horizontales cuya función es posicionar a la vaina en el momento del desgrane, se observa en la figura 58 el chasis terminado con la bandeja en posición.

Figura 57: Bandeja transportadora



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 7 de noviembre del 2018

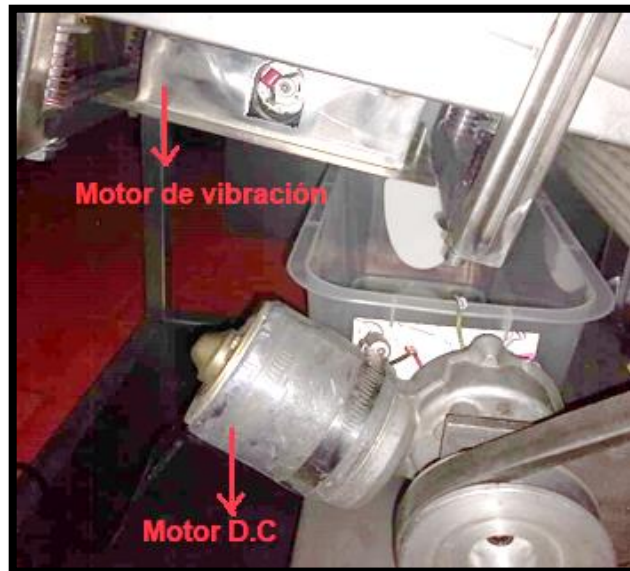
Figura 58: Chasis con bandeja



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 8 de noviembre del 2018

En la figura 59 se observa la posición del motor de vibración, el cual funciona con corriente directa que ubicado en la parte de posterior de la bandeja transportadora y el motor de corriente directa ubicado en el tren de engranaje generando torque por medio de la polea.

Figura 59: Posición de motores



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 8 de noviembre del 2018

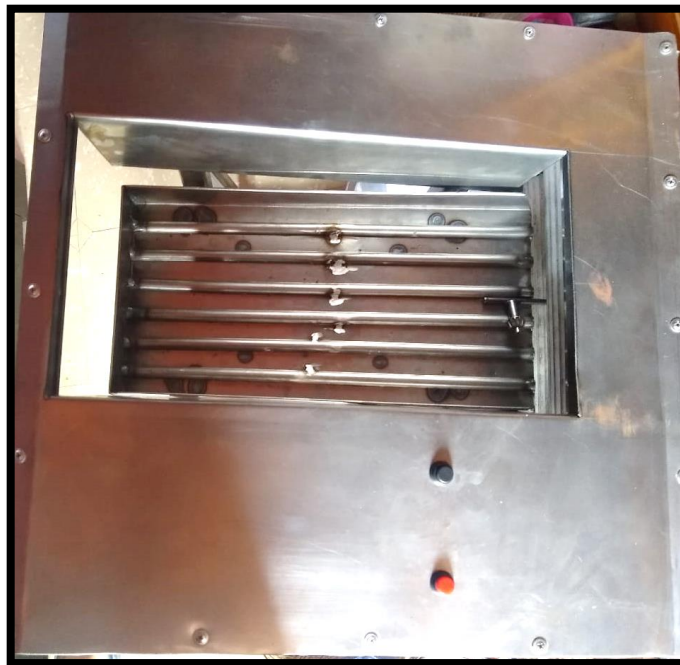
Por último, ya se observa el prototipo completo funcional (véase figura 60 y 61).

Figura 60: Prototipo desgranador de alverja



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de noviembre del 2018

Figura 61: Prototipo con botones de inicio y parado de emergencia



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de noviembre del 2018

10 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Durante el proceso de desarrollo del trabajo de grado se obtuvieron diferentes resultados, a continuación, se muestra los resultados de las pruebas realizadas en cada sistema.

10.1 PRUEBA DE LA ESTRUCTURA DEL MECANISMO DE DESGRANE

El mecanismo de desgrane se comporta bien es resistente y de fácil armado para el usuario, la estructura tiene un peso aproximado de 8 Kg y puede soportar un peso 3 veces más que el mismo ya que está construido en platina de 6.62 cm. Esto aseguro que no se va a deformar esta base, en donde van los ejes hay que asegurarse de que los rodamientos estén centrados en las perforaciones de 2.4 cm sobre la platina y que dichas perforaciones estén a las distancias correctas para el perfecto engranaje de la piñonera (véase figura 62).

Figura 62: Estructura mecánica de desgrane A, B



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 15 de octubre del 2018

10.2 PRUEBA DEL SISTEMA DE RODILLOS

Los rodillos en el momento de desgrane han presentado bastante problema ya que estaban dañando la alverja en el momento que se introducían, se realizaron 4 pruebas con diferentes grafilado en los rodillos, pero teniendo las mismas dimensiones de 7.8 cm en donde mantiene el mismo tren de engranaje y la distancia correcta entre rodillos; primero se utilizaron 2 rodillos lizos (figura 63) es decir sin grafilado presentando problema en el momento de entrar la vaina la cual se quedaba deslizándose y no entraba por consiguiente se buscó una segunda solución donde se necesitaba un método de agarre para la succión de la vaina.

Se grafilaron los rodillos dejando 0.4 cm de diámetro entre cada estría donde se dañaba la primera alverja, se pensó en dejar las distancias entre las estrías con el tamaño de una alverja es decir aproximadamente de 0.7 cm (figura 64) para no dañar la primera, pero seguía dañándola, la solución que se realizó fue poner un rodillo lizo y uno con estrías de 0.4 cm.

Figura 63: Rodillos lizos



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 15 de octubre del 2018

Figura 64: Rodillo grafilado 4 mm

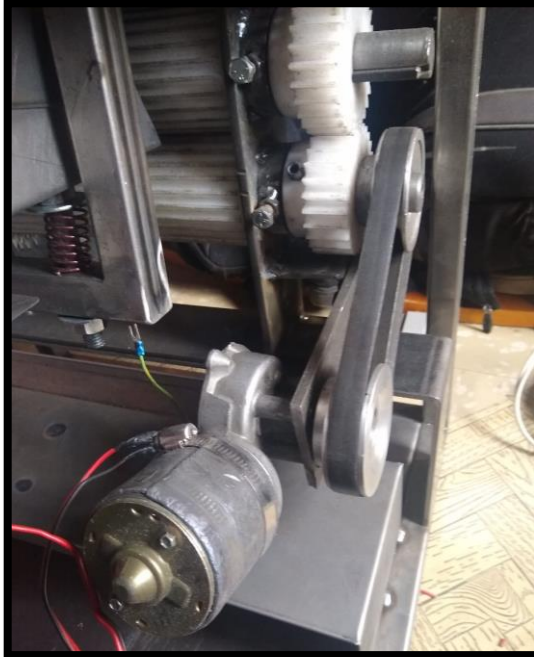


Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 15 de octubre del 2018

10.3 PRUEBA DEL SISTEMA DE TRACCIÓN

El torque generado por el motor es conveniente para el movimiento de los rodillos, donde está ejerciendo tracción por medio de poleas con una correa de repartición entre las poleas, la cual se encuentra a una distancia entre puntos de 19 cm en donde es la necesaria para la generación del movimiento (véase figura 65).

Figura 65: Sistema de tracción



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 18 de noviembre del 2018

10.4 PRUEBA DEL SISTEMA DE ARRASTRE DE LA VAINA

Se tenía pensado implementar una banda transportadora, sin embargo, en el proceso de armado se halla un problema fundamental que era el posicionamiento de las alverjas en el momento de entrar a los rodillos por este motivo se dejó a un lado esta idea dando paso a una bandeja con guía horizontales para el posicionamiento de la alverja donde esta soportada por 4 resortes con el fin de obtener movimientos oscilantes generados por el motor de vibración y de esta manera descienda la vaina (véase figura 66).

Figura 66: Posición de la bandeja



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de noviembre del 2018

10.5 PRUEBA DEL MICROCONTROLADOR Y SENSORICA

El microcontrolador Arduino nano es eficiente en la transmisión y recepción de los datos de los sensores, estos sensores son efectivos midiendo las distancias y detectando objetos, donde estas son las características requeridas por el prototipo. Estos componentes son alimentados por el regulador el cual mantiene el voltaje a 5V estables sin embargo se le ha agregado un fusible a la entrada de este para proteger todo el sistema eléctrico (véase figura 67).

Figura 67 Sensor de distancia



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de noviembre del 2018

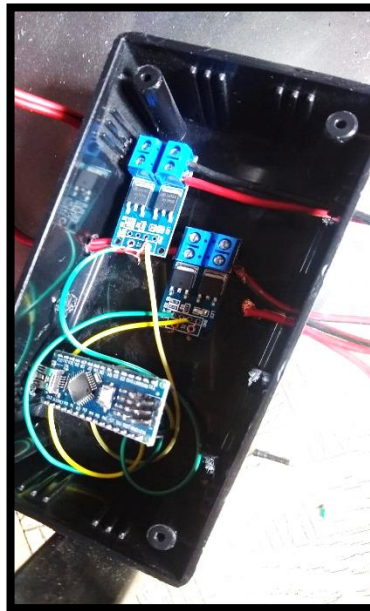
10.6 PRUEBAS DEL SISTEMA DE POTENCIA

Los controladores P.W.M con transistor tipo M.O.S.F.E.T de 15A utilizados, no presentaron problemas en la etapa de implementación, debido a la búsqueda de controladores anteriormente mencionada se ha escogido el más acorde a los requisitos de los motores, cabe destacar que de estos módulos de potencia parte la funcionalidad total del prototipo, así mismo soportan el amperaje necesario y exigido por cada motor en funcionamiento (véase figura 68).

Tabla 5: Corriente proporcionada por los controladores

Controlador P.W.M con transistor tipo M.O.S.F.E.T de 15A	Corriente de los motores no implementados (A)	Corriente de los motores implementados al prototipo (A)
Motor 1 Engranaje rodillos	2.5	5.6
Motor 2 Bandeja transportadora	2	4.2

Figura 68: Sistema de potencia



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 20 de noviembre del 2018

11 RESULTADOS

El sistema mecánico diseñado en la parte de los rodillos de desgranamiento presenta un torque optimo con un engranaje adecuado entre los piñones ya que estos son los adecuados para brindar la separación requería, teniendo en cuenta que el motor soporta 4 vainas al mismo tiempo en el momento de desgrane, lo cual se verifico mediante pruebas (véase figura 69).

Figura 69: Prototipo terminado vista lateral izquierda



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

Como se observa en la figura 70 el recipiente de la alverja desgranada es de gran tamaño donde puede soportar gran cantidad de materia prima, y no se obtuvieron problemas de rebosado gracias al sensor de distancia que apaga el funcionamiento de la parte mecánica del prototipo en el momento de que se llene.

Figura 70: Prototipo terminado vista lateral derecha



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

El mecanismo de la bandeja transportadora (véase figura 71) implementado funciona de manera correcta oscilando gracias al motor de vibración con bastante fuerza ya que esta soportado en 4 resortes para su fácil movimiento y de esta manera desciendan las vainas para ser desgranadas.

Figura 71: Bandeja transportadora terminada instalada en el prototipo



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

Por otra parte, los microcontroladores implementados resisten la corriente demandada por los motores. En el caso del motor de desgranamiento la corriente consumida fue de 5.6 A y la del motor de vibración es de 4.2 A. Los controladores y el microcontrolador son alimentado por el regulador a 5V y la tierra es compartida para todo el circuito (véase figura 72).

Figura 72: Circuitos electrónicos



Fuente: Elaboración propia. Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

En la figura 73 se observa el prototipo final realizando un proceso de desgrane eficiente, el cual se le ha realizado la prueba de desgranar dos libras de alverja donde se obtuvo como resultado un tiempo promedio de 15 min.

Figura 73: Prototipo final con recipientes



Fuente: Autor Recopilado en: 30 de noviembre del 2018

12 CONCLUSIONES

La máquina desgranadora de leguminosas (Arveja) por presión de rodillos es una de las maquinas apropiada para el mercado por su capacidad de desgrane, ya como características principales podemos identificar su seguridad para el grano como para las personas que lo utilizaran, por su bajo costo y eficacia.

Los rodillos escogidos en este caso son de material empack con diseño de grafilado de forma horizontal por su efectividad en el agarre permitirán lograr un perfecto arrastre de la vaina, la cual se comprimirá logrando así una perfecta separación entre los residuos y el grano.

El método de desgrane que cumple a cabalidad con el presupuesto de fabricación y efectividad para su comercialización a establecimientos pequeños de venta de leguminosas es el método de trilladora.

Los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos son la parte fundamental del prototipo, de tal forma que la maquina desgranador de alverja es de fácil uso para el usuario y accesible para las tiendas de legumbres, además es lo suficientemente potente para hacer un mayor desgrane sin parar los motores, puesto que se ha tenido en cuenta las características y referencias proporcionadas por el fabricante, de esta manera dar por cumplido el objetivo del diseño mecánico y electrónico.

El diseño del sistema eléctrico es eficiente debido que los sensores, actuadores y dispositivos de control que se han utilizado para la automatización, se escogieron de acuerdo a las necesidades requeridas para la implementación, y esto nos conlleva a una precisión de transmisión y recepción eficiente de dichos componentes.

13 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se aspira a ampliar la máquina para generar una mayor producción con tecnología más avanzada pasando de ser una máquina para pequeñas tiendas de barrio a ser una máquina a gran escala, brindando economía y eficiencia en el momento de comercialización.

Incorporar una serie de engranajes con una relación acordes para obtener mayor torque y poder agregar un tercer rodillo obteniendo un mejor ángulo para el desgrane.

Implementar este sistema para cualquier tipo de legumbres que se quiera desgranar con el fin de ampliar la comercialización de productos desgranados a un costo más bajo.

Implementar un diseño más pequeño fácil trasladar ya que cuenta con una batería recargable.

El prototipo desgranador de alverja cuenta con una batería portátil recargable pero también sería más funcional poder conectar a los 120V proporcionados por la red eléctrica doméstica.

BIBLIOGRAFÍA

- Actualidad., la importancia de la agricultura en la. 2018. *Food and agriculture organization of the united nations*. Último acceso: 15 de septiembre de 2018. <https://goo.gl/iETv6A>.
- Agropecuarios, subsecretaria de Mercados. 2016. *Informe de Arvejas (Pinsum Sativum)*. 21 de Abril. Último acceso: 6 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/LZAZrR>.
- aires, Uniiversidad nacional del centro de la provincia de Buenos. 2012. *Arquitectura y organización de un microcontrolador genérico*. Último acceso: 6 de Octubre de 2018. <https://goo.gl/m58ytU>.
- Ariel, Palazzesi. 2009. *Aluminio transparentge nuevo estado de la materia*. Julio. Último acceso: 2 de Octubre de 2018. <https://goo.gl/T9odSt>.
- automatismo, Electricidad y. s.f. *Motor eléctrico C.C*. Último acceso: 2 de Octubre de 2018. <https://goo.gl/dYV6R9>.
- Automatización. 2001. *Automatas programables. Curso básico de autómatas Programables*. Diciembre. Último acceso: 7 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/MGuQXg>.
- Deicy, Peñaranda Guillemos & Molina. 2007. *La producción de arveja (pisum sativum) en la vereda monte dentro, provincia de pamplona, norte de santander* . Enero. Último acceso: 6 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/bLrn9K>.
- . 2007. *La producción de arveja (pisum sativum) en la vereda monte dentro, provincia de pamplona, norte de santander*. Diciembre. Último acceso: 6 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/bLrn9K>.
- desarrollo, Corporacion PBA Innovacion rural para el. 2010. *produccion sostenible de arveja en Boyaca*. Último acceso: 3 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/mgmjyS>.
- Ecured. s.f. *Conocimiento con todos y para todos. Agricultura (Labores de Cultivo)*. Último acceso: 6 de Septiembre de 2018. <https://www.ecured.cu/Agricultura>.
- s.f. *Electricidad y automatismo. Motor eléctrico C.C*. Último acceso: 6 de octubre de 2018. <https://goo.gl/dYV6R9>.
- Escobar, Yimmy & Escobar, Gabriel. 2007. *Maquina desgranadora de Arveja y Frijol.8 congreso de Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*. 23 al 25 de Octubre. Último acceso: 3 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/cAhhHA> .
- FIUBA. s.f. *AUTOMATIZACION*. Último acceso: 7 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/BH7H98>.
- II, FIUBA . CIM. s.f. *AUTOMATIZACION*. Último acceso: 7 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/BH7H98>.
- Mactronica. s.f. *Controlador pwm mosfet 15A*. Último acceso: 1 de Octubre de 2018. <https://goo.gl/qa8YNR>.
- Ordoñez, Cecilia Andrea. 2016. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional, Sobre las enfermedades laborales*. marzo. Último acceso: 15 de septiembre de 2018. <https://goo.gl/r8hcf2>.
- Ortiz, Wilinton. Tirira, Lenini y Yaguana, Ivan . 2013. *Diseño de una maquina desgranadora de frijol. Escuela superior politécnica de Chimborazo*. Último acceso: 2 de septiembre de 2018. <https://goo.gl/Mn1DYH>.

- Oswaldo, Osorio. s.f. *Resumen de Proyecto Líneas de Arvejas CONSEJO DEPARTAMENTAL DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACION – CODECTI*. Último acceso: 6 de Septiembre de 2018. https://www.ucc.edu.co/pasto/prensa/2014/Documents/1-Resumen_Proyecto_L%C3%ADneas%20Arveja.pdf.
- Perez, Jose Olger, y Luis Christian & Mantilla, Gustavo Andres Cholca. 2005. *Diseño y fabricación de una máquina para desgranar Maíz*. Último acceso: 3 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/5puiYx>.
- Posada Contreras, Johnny. 2005. *revista redalyc*. 25 de julio . Último acceso: 15 de noviembre de 2018. <http://www.redalyc.org/pdf/478/47802507.pdf>.
- sas, Her. Plasticos. s.f. *Empack*. Último acceso: 1 de Octubre de 2018. <https://goo.gl/iyr9Z>.
- Torres, Fernando. Introducción a la automatización y el control. s.f. *Automatización optativa Ingenierías Informáticas*. Último acceso: 7 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/6ftkzu>.
- villajulca, Jose Carlos. 2009. *sistema de Control de Lazo Abierto*. 13 de Septiembre. Último acceso: 21 de Septiembre de 2018 . <<<<<<<<<<https://goo.gl/UeD85Q>.
- . 2009. *Sistema de Control de Lazo Abierto*. 13 de Septiembre. Último acceso: 8 de Septiembre de 2018. <https://goo.gl/UeD85Q>.

Anexos

MANUAL DEL USUARIO

Este manual instructivo trata la operación y mantenimiento de las máquinas, y recomendaciones para prevenir accidentes.

OPERACIÓN

Como se observa en el (anexo a) la maquina cuenta con dos botones el cual nos indica su encendido y apagado y el botón de parado de emergencia.

Botón de encendido y apagado

- La función de este botón es alimentar el sistema eléctrico para iniciar el funcionamiento de la máquina, la cual va a empezar el movimiento mecánico de desgrane cuando los sensores detecten la legumbre con este mismo botón se apaga el sistema. Hay que tener en cuenta que el botón de parado de emergencia se encuentre en posición correcta para el inicio de operaciones.
- El botón de parado de emergencia en esta máquina está pensado en prevención cuya función es parar el funcionamiento de los motores en caso de emergencia, para protección de la integridad física de la persona y de la máquina.

En la pantalla de cristal líquido se muestra el nombre de la máquina y la función que está realizando, también si el parado de emergencia está activo o no.

Anexo a: Botones de operación



MANTENIMIENTO

Como se observa en el anexo b el sistema de tracción este compuesto por una correa repartidora de 19 cm de largo que tiene una vida útil aproximada de 12 meses (depende el uso de la maquina).

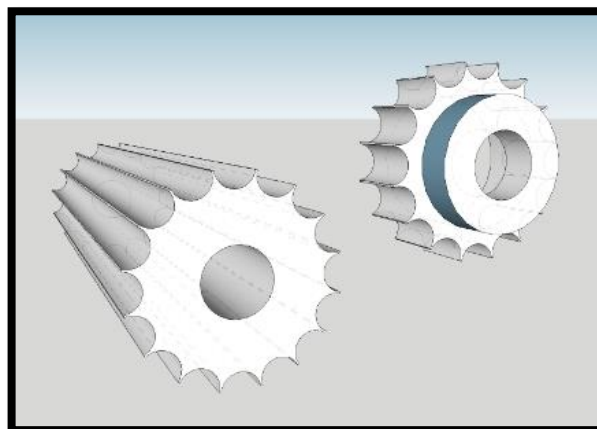
Anexo b: Correa y piñones



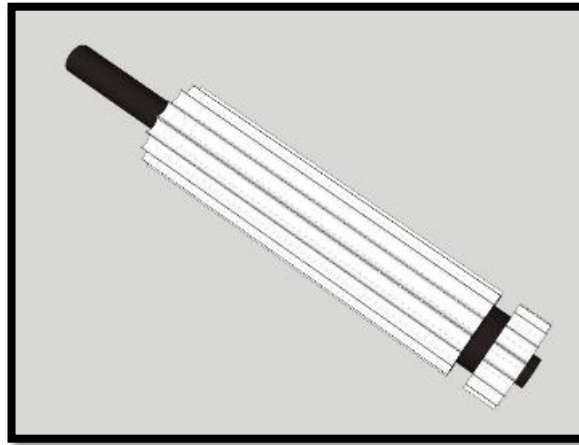
RECOMENDACIONES

Se recomienda en no arrojar o dejar caer objetos a la zona de los rodillos ya que provocaron un atascamiento o aplastamiento deteriorando la quina en su parte electrónica y mecánica. Por consecuencia se sugiere no acercarse ninguna parte de su cuerpo en esta zona ya que puede ser succionada y provocar lesiones de gravedad.

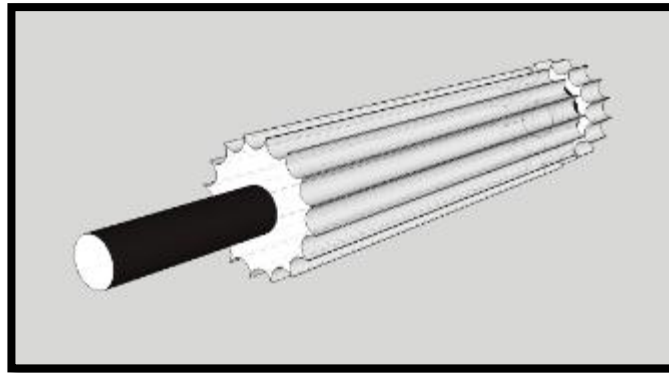
Anexo c: Rodillo y Piñón



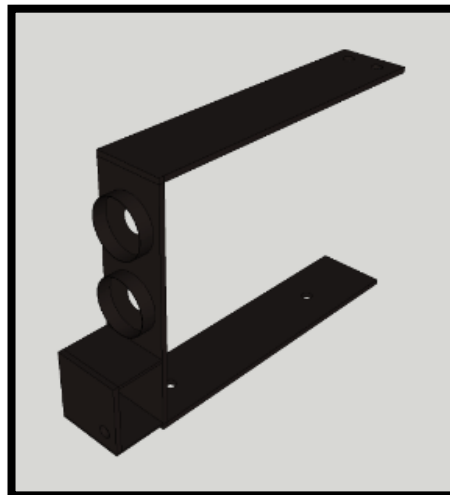
Anexo d: Rodillo, piñón y eje



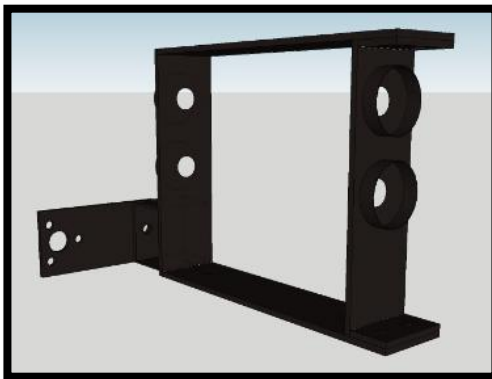
Anexo e: Rodillo y eje



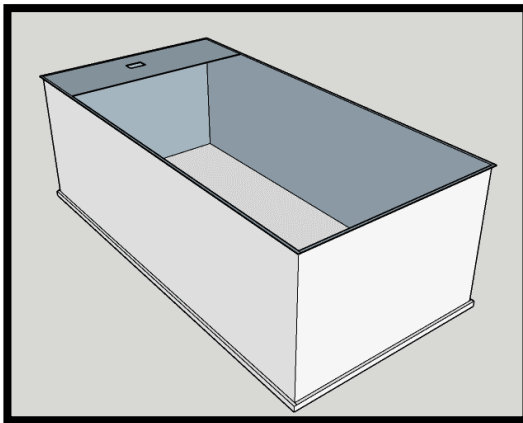
Anexo f: Chasis Soporte de los Rodillos Lateral



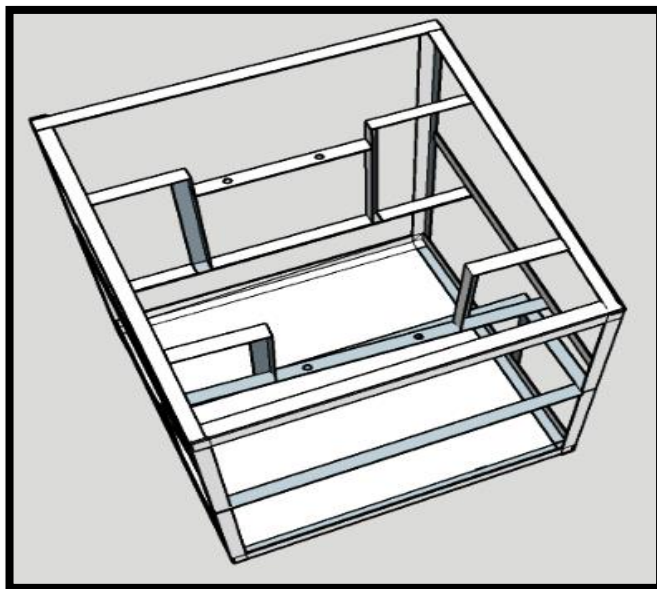
Anexo g: Chasis Soporte de los Rodillos



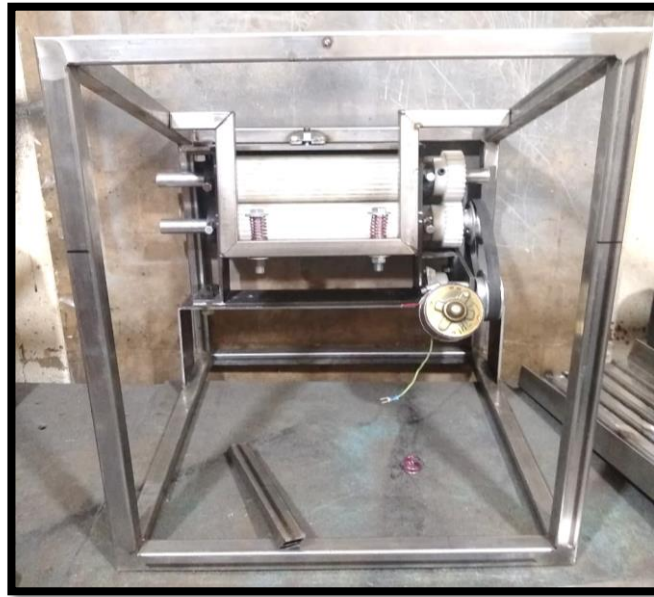
Anexo h: Contenedor de la vaina y la alverja



Anexo i: carcasa vista superior



Anexo j: Estructura resortes



Anexo k: Estructura bandeja



Anexo I: Prototipo con recipiente alverja



Anexo m: Prototipo terminado



Anexo n: código motor 1

```
int Motor = 3; // pin de conexión al módulo (pin 3,5,6,9,10,11)
int Velocidad = 200; // velocidad del motor en pwm

void setup() {
  pinMode(Motor,1); // salida el motor
  Serial.begin(9600); // initialize serial motor
}

void loop() {
  analogWrite(Motor, Velocidad); // envia la velocidad al motor
}
```

Anexo o: Código motor 2

```
int Motor = 5; // pin de conexión al módulo (pin 3,5,6,9,10,11)
int Velocidad = 170; // velocidad del motor en pwm

void setup() {
  pinMode(Motor,1); // salida el motor
  Serial.begin(9600); // initialize serial motor
}

void loop() {
  analogWrite(Motor, Velocidad); // envia la velocidad al motor
}
```

Anexo p: Código sensores

```
int Echo = 9;
int Trig = 8;
int Ledr = 10;
int Ledv = 11;
long Distancia;
long Duracion;

void setup() {
  pinMode(Ledr, 1);
  pinMode(Ledv, 1);
  pinMode(Echo, 0);
  pinMode(Trig, 1);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(Trig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(Trig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  Duracion = pulseIn(Echo, HIGH);
  Distancia = (Duracion/2) / 29;
  Serial.print("La distancia es: ");
  Serial.print(Distancia);
  Serial.println(" cm.");
  delay(500);
  if (Distancia <= 3)
  {
    digitalWrite (Ledr, HIGH);
    digitalWrite (Ledv, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite (Ledr, LOW);
    digitalWrite (Ledv, HIGH);
  }
}
```